

**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 виробництва та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництва 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

## ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ У СКЛАДІ КОМПЛЕКСУ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН

Е.С. Остапчук, Л.Л. Морозовський, М.А. Мустафін, А.І. Заплішна

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки

Збройних Сил України

[crime@post.mil.gov.ua](mailto:crime@post.mil.gov.ua)

Для досягнень високих західних стандартів та високого рівня ефективності у Центральному науково-дослідному інституті озброєння та військової техніки ЗС України було створено вимірювальний комплекс на базі високошвидкісної відеокамери. Даний комплекс дозволяє з високою чіткістю фіксувати швидкоплинні процеси, як наприклад політ боєприпасу або підрив вибухових речовин та їх сумішей. Також для цього комплексу в Інституті розробили методики перевірки параметрів повітряної ударної хвилі, що за допомогою датчиків надлишкового тиску дозволяє визначити не лише швидкість розповсюдження повітряної ударної хвилі, але й визначити точне значення величини тиску у її.

Загалом зазначений вимірювальний комплекс (Рис. 1) можна поділити на окремі незалежні частини:

- високошвидкісна відеокамера;
- датчики надлишкового тиску;
- дрон-квадрокоптер.

Усі ці частини здатні працювати автономно та незалежно, проте максимальна ефективність досягається при використанні їх саме у складі комплексу.

Для роботи устаткування потрібно від 3 (мінімально) до 6 (ефективно) осіб обслуговуючого персоналу.

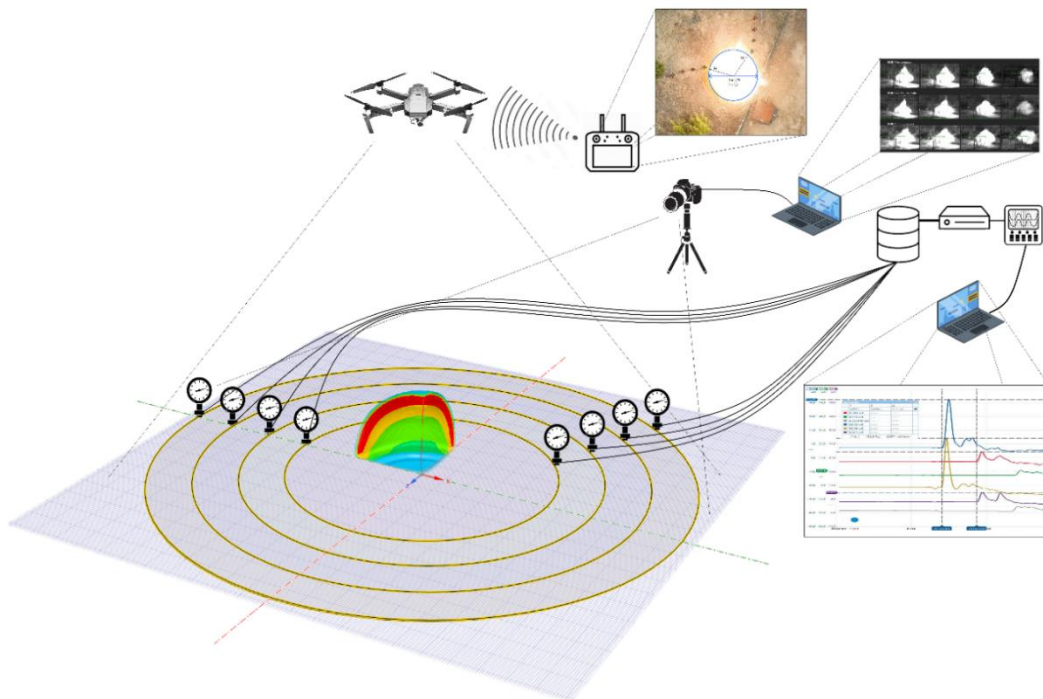


Рисунок 1 – Вимірювальний комплекс з дослідження швидкоплинних вибухових процесів.

Високошвидкісна відеокамера (Рис. 2) працює на власному програмному забезпеченні та керується дистанційно за допомогою передачі сигналу у реальному часі на ноутбук, яким керує оператор. Високошвидкісна камера має обмеження часу запису до 3,14 секунд. Це зумовлене великою щільністю запису (12 800 кадрів на секунду) та як результат великим розміром вихідного файлу. Через обмеження часу запису саме оператор високошвидкісної камери подає загальну команду для взаємодії усього комплексу.

Високошвидкісна відеокамера встановлюється на відстані, безпечній для відеофіксації вибуху відповідно до кількості вибухової речовини (суміші) або перпендикулярно до зрізу ствола (у випадках, коли ми спостерігаємо вихід снаряду із каналу ствола).



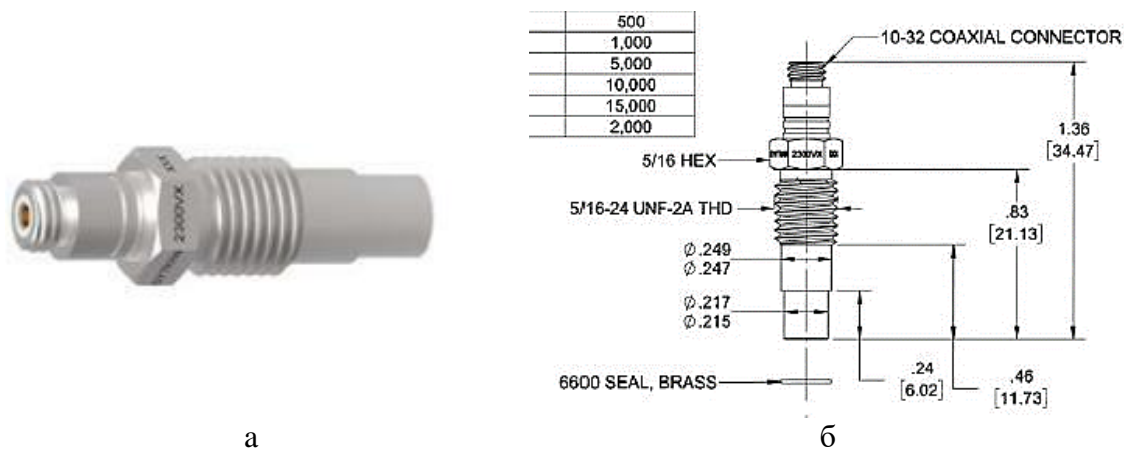
Рисунок 2 – Високошвидкісна відеокамера Photron nova S12.

Під час аналізу відео-запису визначаються наступні показники:

- час початку підриву;
- діаметр епіцентру зони спалаху;
- висоту епіцентру зони спалаху;
- час проходження повітряної ударної хвилі через маркери;
- швидкість повітряної ударної хвилі;
- час затухання підриву;
- повноту підриву;
- осколковість (візуально);
- оцінка фугасності (візуально).

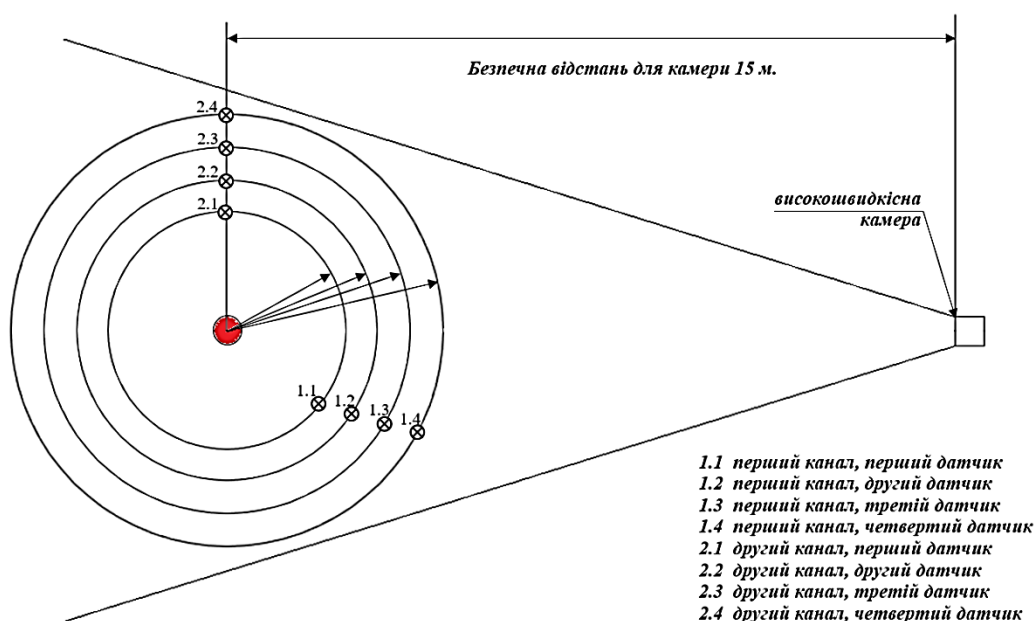
Тиск та швидкість повітряної ударної хвилі є якісними показниками характеру процесу вибухового перетворення при надійному його ініціюванні за рахунок дії запалу. Для зчитування сили тиску вимірювальний комплекс використовує датчики надлишкового тиску (Рис. 3), джерело вихідного сигналу та осцилограф. Для зменшення похибки та більш ефективного аналізу, у вимірювальному комплексі використовується 2 канали по 4 датчики в кожному на однаковій відстані але у різних напрямках. Таким чином ми маємо можливість зробити самоперевірку або виключити ефект потрапляння частинок на датчик та отримання спотвореного результату. Розташування датчиків здійснюється за схемою 1.





а б  
 Рисунок 3. Датчик тиску: фотографія (а) та схема (б).

Схема 1



Під час аналізу файлу-запису визначаються наступні показники:

- час взаємодії повітряної ударної хвилі з кожним із датчиків тиску;
- тиск, який повітряна ударна хвиля створює на датчиках;
- швидкість повітряної ударної хвилі;

Оцінка працездатності вибухових сумішей проводиться за допомогою вимірювання зони спалаху та часу існування зони спалаху. Також дрон допомагає візуально зафіксувати наслідки підриву (займання, розліт уламків, загальний ефект після підриву). Фугасність, є якісним показником характеру процесу вибухового перетворення при надійному його ініціювання за рахунок дії запалу.

Через обмеження на використання дронів над певними територіями під час військового стану, перед використанням дрону слід отримати дозвіл на роботу над місцем вибуху у відповідних уповноважених органах контролю над повітряним простором.

Для зручності аналізу запису підриву, використовується режим сповільненої зйомки. Опори кріплення датчиків надлишкового тиску виступають у ролі маркерів еталонних дистанцій, так як встановлюються на чіткій відстані від місця установки заряду.

Для запобігання утворення похибки, пілот-оператор дрона переміщує квадрокоптер чітко над місцем підриву, на висоту, зручну для спостереження, але не вищу за встановлені місцеві обмеження повітряних польотів.

Під час аналізу файлу-запису визначаються наступні показники:

- час підриву;
- тривалість вибуху;
- геометричні параметри зони спалаху;

Також використання квадрокоптера допомагає убезпечити операторів від нестандартних та надзвичайних ситуацій, таких як займання уламками поза зоною підриву, задимлення території та інші непередбачені обставини.

Таким чином за допомогою вимірювального комплексу на основі високошвидкісної відеокамери, датчиків надлишкового тиску та дрона ми маємо можливість отримати низку параметрів, які вносяться до зведеної таблиці (приклад – Таблиця 1), і використовуються для подальшого аналізу.

Таблиця 1 Зведені параметри

ВР	ПР	t1, с	t2, с	Δt, с	s, м	V, м/с	t0, с	t3, с	Trop, с	Deni, м	H, м	L1	L2	
1	100 гр. C4	-	3,3071875	3,310546875	0,003359375	1,5	446,51	3,305390625	3,4170625	0,111671875	2,040	1,861	1,02	1,03
2	100 гр. C4	+10 гр. гідрид титана	1,023125	1,026484375	0,003359375	1,5	446,51	1,02125	1,16203125	0,14078125	2,464	2,258	1,231	1,232
3	100 гр. C4	+10 гр. нанопор. Al	0,81955125	0,822892625	0,003341375	1,5	448,92	0,817578125	0,964140625	0,1465625	2,527	2,014	1,263	1,264
4	100 гр. C4	+10 гр. нанопор. Zn	1,176169875	1,17953325	0,003363375	1,5	445,98	1,174140625	1,365	0,190859375	2,730	2,713	1,36	1,365
5	100 гр. C4	+10 гр. карбід В4С	1,640420625	1,643828125	0,0034075	1,5	440,21	1,6384375	1,79609375	0,15765625	2,680	2,156	1,335	1,34
6	100 гр. Pirunit	-	1,2284375	1,23109375	0,00265625	1	376,47	1,22609375	1,2278125	0,00171875	0,900	0,890	0,45	0,45
7	100 гр. Pirunit	+10 гр. гідрид титана	1,511640625	1,514296875	0,00265625	1	376,47	1,509375	1,60578125	0,09640625	1,382	0,858	0,69	0,692
8	100 гр. Pirunit	+10 гр. нанопор. Al	1,61125	1,615	0,00375	1,5	400,00	1,60890625	1,747734375	0,138828125	2,673	1,185	1,335	1,337
9	100 гр. Pirunit	+10 гр. нанопор. Zn	1,281875	1,284375	0,0025	1	400,00	1,2796875	1,398125	0,1184375	1,572	1,370	0,785	0,786
10	100 гр. Pirunit	+10 гр. карбід В4С	1,33421875	1,336758875	0,002540125	1	393,68	1,331640625	1,3340625	0,002421875	1,213	0,885	0,606	0,607
11	100 гр. Kemix B	-	1,52109375	1,523671875	0,002578125	1	387,88	1,51875	1,51984375	0,00109375	1,742	1,209	0,87	0,871
12	100 гр. Kemix B	+10 гр. гідрид титана	1,159375	1,161953125	0,002578125	1	387,88	1,156640625	1,157421875	0,00078125	1,902	1,374	0,95	0,951
13	100 гр. Kemix B	+10 гр. нанопор. Al	1,49201875	1,494765625	0,002746875	1	364,05	1,489140625	1,491484375	0,00234375	1,913	1,239	0,956	0,9565
14	100 гр. Kemix B	+10 гр. нанопор. Zn	1,216875	1,218359375	0,001484375	0,5	336,84	1,214375	1,2528125	0,0384375	3+	3+	3+	1,565
15	100 гр. Kemix B	+10 гр. карбід В4С	1,451328125	1,453984375	0,00265625	1	376,47	1,448671875	1,44984375	0,001171875	1,622	1,050	0,8	0,811
16	100 гр. ВРГДП	-	1,47125	1,473984375	0,002734375	1	365,71	1,46859375	1,47046875	0,001875	1,761	1,399	0,88	0,8805
17	100 гр. ВРГДП	+10 гр. гідрид титана	0,295703125	0,29707125	0,001368125	0,5	365,46	0,29296875	0,295859375	0,002890625	1,907	1,297	0,954	0,953
18	100 гр. ВРГДП	+10 гр. нанопор. Al	1,363125	1,364456875	0,001331875	0,5	375,41	1,359921	1,369140625	0,009219625	1,113	0,890	0,56	0,565
19	100 гр. ВРГДП	+10 гр. нанопор. Zn	1,248671875	1,25001375	0,001341875	0,5	372,61	1,246328125	1,290703125	0,044375	3+	3+	3+	3+
20	100 гр. ВРГДП	+10 гр. карбід В4С	1,2840625	1,285403125	0,001340625	0,5	372,96	1,2815625	1,290703125	0,009140625	1,679	1,251	0,84	0,839

Висновок: Розроблений вимірювальний комплекс значно спрощує перевірку і аналіз дії вибухових речовин (сумішей) та надає конкретні фактичні дані, щодо характеристик повітряної ударної хвилі, а також застосовується під час різних балістичних випробувань задля контролю та аналізу пострілів, дії порохових газів та поведінки снарядів при виході із каналу ствола для різних видів зброї.