

УДК: 623.4

doi: 10.53816/20753608_2025_1_94

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОМБИНИРОВАННЫХ ВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ УРН ОТКРЫТОГО ТИПА,
СОДЕРЖАЩИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ,
ЗАПОЛНЕННЫЕ ГАЗОЖИДКОСТНЫМ ДИСПЕРГЕНТОМ**

**STUDY OF PROTECTIVE CHARACTERISTICS
OF COMBINED EXPLOSION-PROOF OPEN-TYPE URN CONTAINING
STRUCTURAL ELEMENTS FILLED WITH GAS-LIQUID DISPERSANT**

По представлению чл.-корр. РАРАН Н.М. Сильникова

И.В. Гук, А.И. Спивак, С.Н. Васильева, А.В. Лебедин

НПО Спецматериалов

I.V. Guk, A.I. Spivak, S.N. Vasileva, A.V. Lebedkin

Рассмотрен вопрос уменьшения воздействия пламени и термического воздействия взрыва на объекты инфраструктуры при подрыве зарядов взрывчатого вещества во взрывозащитных урнах открытого типа. Экспериментально показано, что включение в конструкции урн специальных конструктивных элементов, заполненных газожидкостным диспергентом, позволяет снизить фугасное действие взрыва, а также уменьшить пламенность взрыва.

Ключевые слова: воздушная ударная волна, избыточное давление во фронте воздушной ударной волны, взрывозащитная урна открытого типа, пламенность взрыва.

The issue of reducing the impact of flame and thermal impact of explosion on infrastructure facilities during detonation of explosive charges in open-type explosion-proof urns is considered. It is experimentally shown that inclusion of special structural elements filled with gas-liquid dispersant in the urn design allows to reduce the high-explosive effect of the explosion, as well as to reduce the flame of the explosion.

Keywords: air shock wave, excess pressure in the front of an air shock wave, open-type explosion-proof urn, explosion flame.

В связи с угрозой осуществления террористических актов, обострившейся в последнее время, наиболее актуальным является вопрос защиты людей в местах их массового скопления: в аэропортах, на железнодорожных и автовокзалах, станциях метрополитена, на территориях крупных торговых центров, а также в местах проведения массовых культурно-зрелищных и спортивных мероприятий. Помимо мер предупреждения

террористических актов, основанных на использовании металлодетекторов и детекторов взрывчатых веществ, блокираторов радиовзрывателей и другого оборудования, по мнению специалистов, следует уделять особое внимание контролю за местами возможной закладки взрывоопасных предметов (ВОП) в местах скопления людей, и прежде всего в контейнерах и урнах для мусора. В настоящее время примерно

70 % из размещенных урн для бытового мусора представляет серьезную опасность для граждан в случае использования их террористами для закладки взрывоопасных предметов (ВОП) [1]. Конструкции и формы используемых урн позволяют разместить в них взрывные устройства с зарядами большой мощности, а внешний корпус урны, в случае его недостаточной прочности, при взрыве может создать дополнительные поражающие элементы (ПЭ).

В связи с этими обстоятельствами весьма актуальным является вопрос, связанный с использованием взрывозащитных урн (ВЗУ) и контейнеров для мусора в местах массового скопления людей. В мировой практике ВЗУ получили название «контейнеров для мусора двойного назначения» [2]. ВЗУ подразделяются на два типа: открытого (без наличия крышки) и закрытого типа (с наличием крышки). Внешне они напоминают обычные урны для мусора и могут быть установлены в самых различных местах. Специальная конструкция такой урны позволяет обезопасить людей от поражающих факторов взрыва, к числу которых относятся осколки, ударная волна и продукты детонации.

Наиболее часто используются ВЗУ открытого типа, размещаемые на открытом воздухе, к недостаткам конструкции которых следует отнести наличие пламени и термическое воздействие, которые ограничивают использование таких урн внутри помещений и возле объектов инфраструктуры. Вид пламени при подрывах зарядов тринитротолуола (ТНТ) различных масс в ВЗУ открытого типа представлен на рис. 1 [2, 13–19].

В целях установления возможности возникновения пламени при подрывах в ВЗУ открытого типа зарядов ТНТ меньшей массы, были осуществлены подрывы зарядов массой 0,4 кг, 0,2 кг

и 0,092 кг (в составе гранаты РГО), кинограммы которых представлены на рис. 2–4 [3, 4].

Анализ экспериментальных результатов, представленных на рис. 2–4, показывает, что при подрыве зарядов взрывчатых веществ массой 0,092...0,4 кг в ВЗУ открытого типа имеет место образование пламени. При этом при подрыве заряда ТНТ массой 0,4 кг происходит образование струйного пламени высотой до 4 м с последующим образованием дымового факела, размеры которого сопоставимы с размерами пламени. При этом при подрыве заряда ТНТ массой 0,2 кг происходит образование струйного пламени высотой до 3 м без последующего значимого дымообразования. При подрыве заряда А-IX-I массой 0,092 кг, размещенного в ручной гранате РГО [5], имеет место огненная вспышка на высоте 1,5...2,0 м с последующим наличием дымообразования из внутреннего пространства ВЗУ с максимальной плотностью на высоте 1...2 м.

С целью исключения пламени и термического воздействия взрыва на объекты инфраструктуры были разработаны варианты конструкций ВЗУ открытого типа, в составе которых были размещены специальные конструктивные элементы, заполненные газожидкостным диспергентом, и проведены соответствующие экспериментальные исследования [3, 4]. Использование конструктивных элементов ВЗУ, заполненных газожидкостным диспергентом, было продиктовано успешным применением таких элементов в составе устройств для защиты от взрыва моделей «Фонтан» при локализации последствий взрыва, в том числе термического, на объекты инфраструктуры при подрыве нормированных зарядов [6], усиленных зарядов [7, 8], размещенных на поверхности земли, также под водой [9, 10].

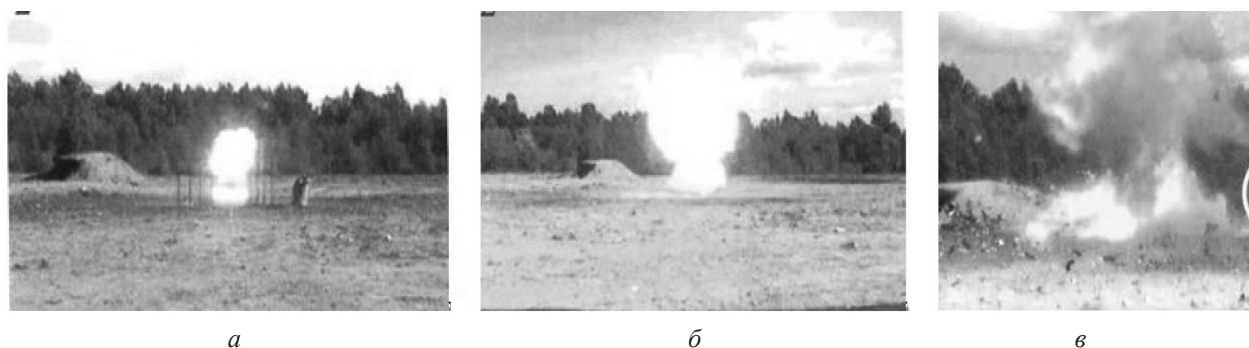


Рис. 1. Вид пламени при подрыве зарядов ТНТ массой 0,5 кг (а), 1,0 кг (б) и 2,0 кг (в) в ВЗУ открытого типа

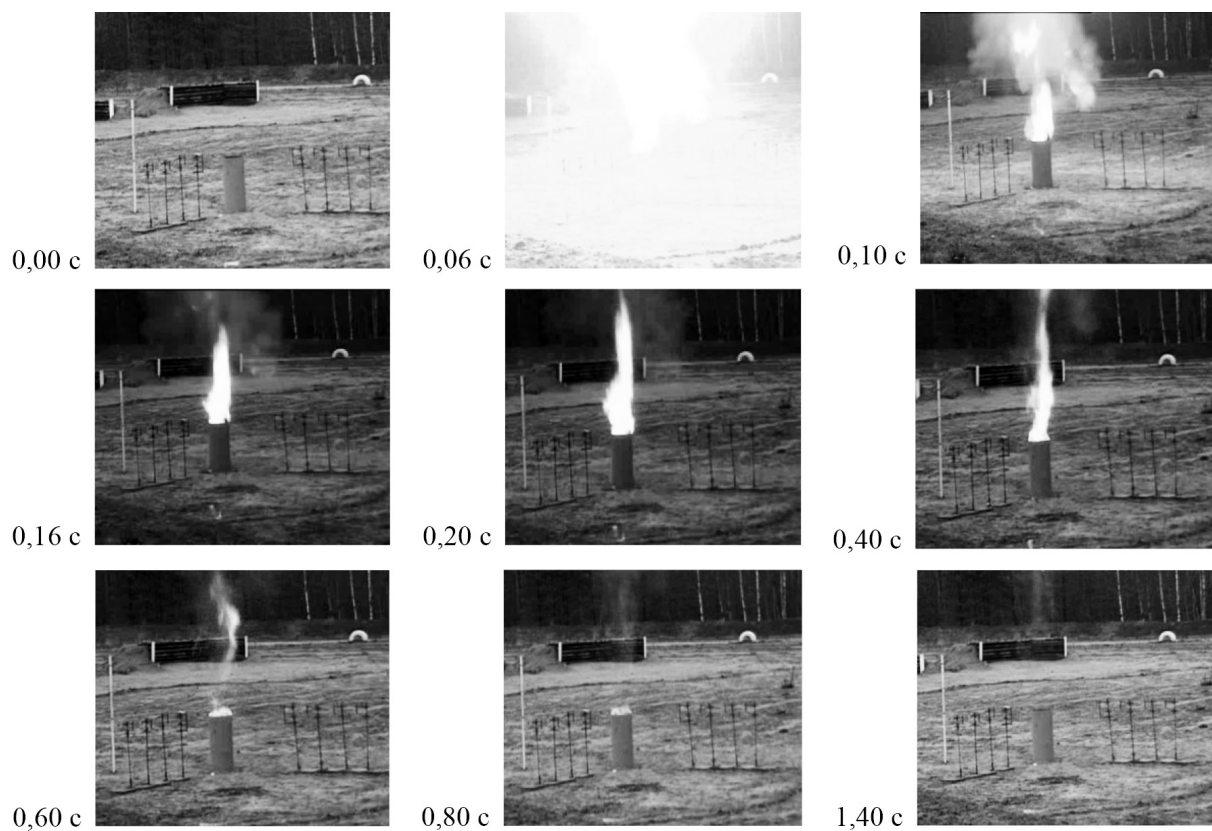


Рис. 2. Кинограмма подрыва заряда ТНТ массой 0,4 кг в ВЗУ

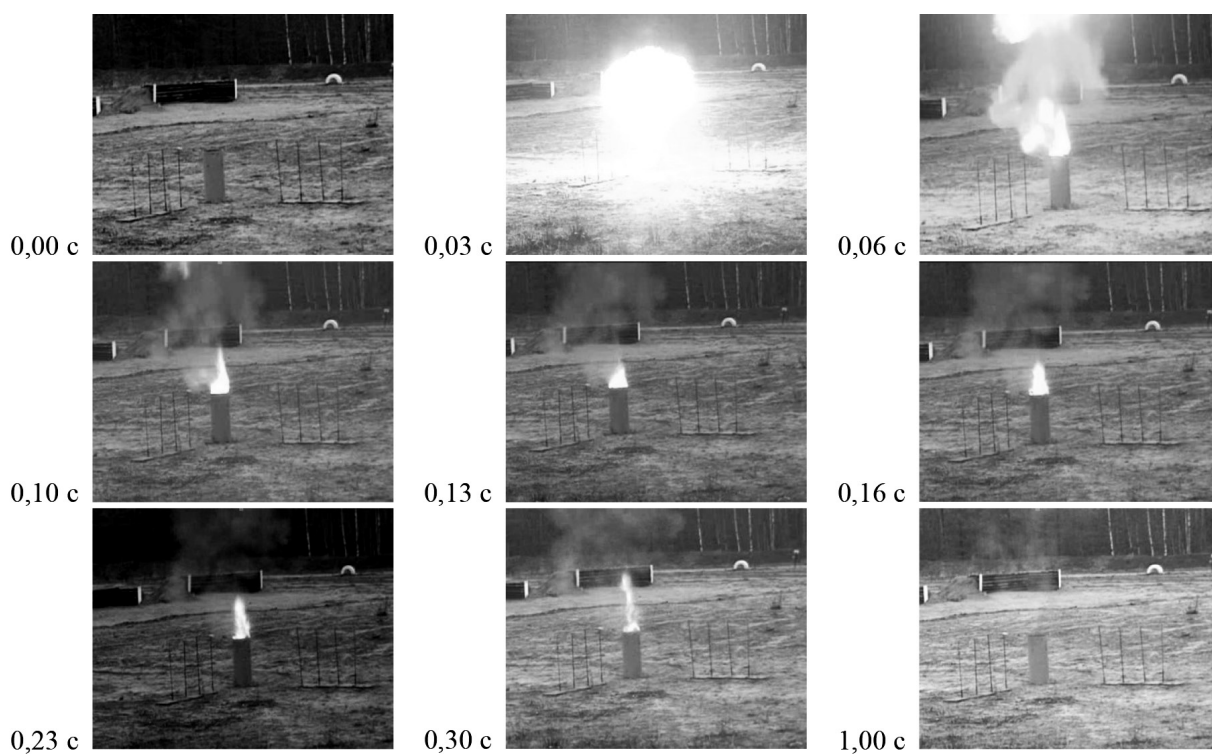


Рис. 3. Кинограмма подрыва заряда ТНТ массой 0,2 кг в ВЗУ

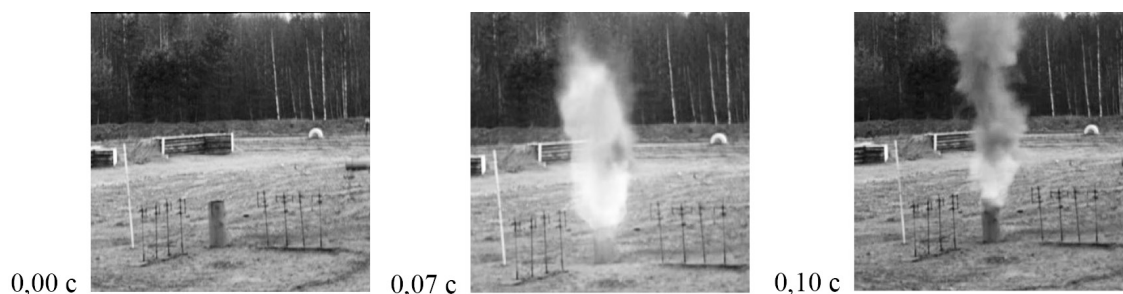


Рис. 4. Кинограмма подрыва заряда массой 0,092 кг в составе гранаты РГО в ВЗУ

Для проведения исследований в условиях информационной неопределенности [11], были разработаны следующие варианты исполнения ВЗУ открытого типа, содержащие специальные конструктивные элементы, заполненные газожидкостным диспергентом, характеристики которых представлены в табл. 1.

Схемы проведения экспериментальных исследований с использованием ВЗУ открытого типа, содержащих специальные конструктивные элементы, заполненные газожидкостным диспергентом, представлены в табл. 2.

В процессе проведения экспериментальных исследований определялись следующие параметры:

- наличие пламени при подрыве зарядов ТНТ в ВЗУ открытого типа;

- избыточное давление во фронте воздушной ударной волны (ВУВ) на характерных расстояниях от ВЗУ открытого типа;

- эффективность подавления ВУВ ВЗУ открытого типа различных конструкций в сравнении с открытым подрывом аналогичного заряда ТНТ и подрывом заряда ТНТ в ВЗУ базовой конструкции (не имеющей в своем составе специальных конструктивных элементов, заполненных газожидкостным диспергентом).

При определении избыточного давления во фронте ВУВ применялся метод прямых измерений с использованием пьезоэлектрических датчиков давления ПД-7-1,5М, цифрового многоканального осциллографа на базе персонального компьютера и платы сбора информации L-783 [12].

Таблица 1

Характеристики взрывозащитных урн

№ п/п	Обозначение ВЗУ	Характеристика ВЗУ	Схема ВЗУ
1	ВЗУ-1	Изготовлена из стальной трубы 1 высотой 1010 мм. Днище 2 изготовлено из стального листа	
2	ВЗУ-2	Изготовлена из стальной трубы 1. Днище 2 изготовлено из стального листа. Внутри на днище установлено основание 3 из полиуретана в виде цилиндра. На основании установлена газожидкостная прослойка 4 в виде цилиндра	
3	ВЗУ-3	Изготовлена из стальной трубы 1. Днище 2 изготовлено из стального листа. Внутри на днище установлена газожидкостная прослойка 3 в виде цилиндра	

Окончание таблицы 1

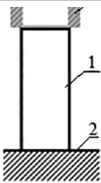
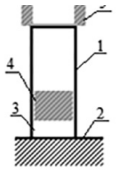
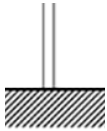
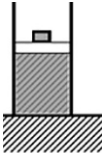
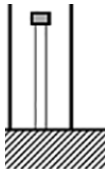
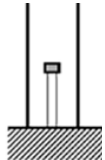
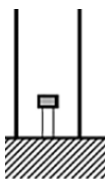
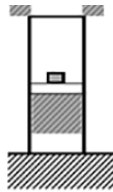
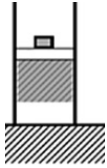
№ п/п	Обозначение ВЗУ	Характеристика ВЗУ	Схема ВЗУ
4	ВЗУ-4	Изготовлена из стальной трубы 1. Днище 2 изготовлено из стального листа. Сверху на трубе установлен цилиндрический газожидкостной рассекатель 3	
5	ВЗУ-5	Изготовлена из стальной трубы 1. Днище 2 изготовлено из стального листа. Внутри на днище установлено основание 3 из полиуретана в виде цилиндра. На основании 4 установлена газожидкостная прослойка в виде цилиндра. Сверху на трубе установлен цилиндрический газожидкостной рассекатель 5	

Таблица 2

Схемы проведения экспериментов

№ п/п	Используемые ВЗУ, заряд ВВ	Схема эксперимента	№ п/п	Используемые ВЗУ, заряд ВВ	Схема эксперимента
1	Открытый подрыв ВВ Заряд ТНТ массой 0,5 кг на высоте 420 мм от земли		5	ВЗУ-3 Заряд ТНТ массой 0,5 кг на высоте 420 мм от земли	
2	ВЗУ-1/420 Заряд ТНТ массой 0,5 кг на высоте 420 мм от земли		6	ВЗУ-4 Заряд ТНТ массой 0,5 кг на высоте 420 мм от земли	
3	ВЗУ-1/155 Заряд ТНТ массой 0,5 кг на высоте 155 мм от земли		7	ВЗУ-5 Заряд ТНТ массой 0,5 кг на высоте 420 мм от земли	
4	ВЗУ-2 Заряд ТНТ массой 0,5 кг на высоте 420 мм от земли				

Вид кинограмм подрывов зарядов ТНТ массой 0,5 кг в ВЗУ открытого типа различных конструкций представлен на рис. 5. Результаты наблюдения при подрывах приведены в табл. 3.

Анализ результатов, представленных на рис. 5 и в табл. 3, показывает, что предложенные варианты ВЗУ открытого типа, содержащие

специальные конструктивные элементы, заполненные газожидкостным диспергентом, не обеспечивают подавление пламенности подрыва в них заряда ТНТ массой 0,5 кг. Введение в конструкцию ВЗУ открытого типа газожидкостного рассекателя в комплекте с газожидкостной прослойкой, установленной внутри ВЗУ под зарядом

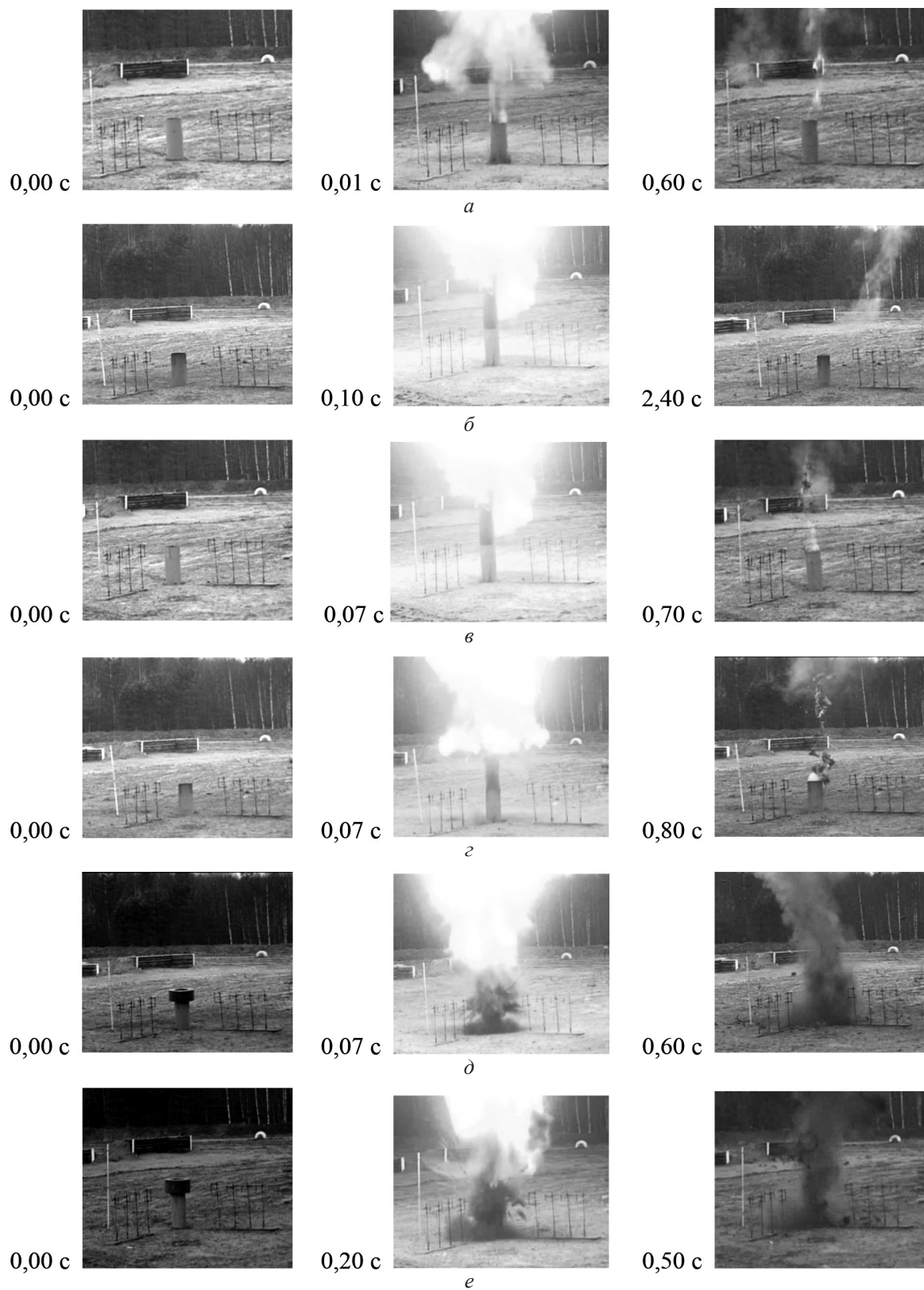


Рис. 5. Кинограммы подрывов зарядов ТНТ массой 0,5 кг в ВЗУ открытого типа:
 а — подрыв с использованием ВЗУ-1/420; б — подрыв с использованием ВЗУ-1/155;
 в — подрыв с использованием ВЗУ-2; г — подрыв с использованием ВЗУ-3;
 д — подрыв с использованием ВЗУ-4; е — подрыв с использованием ВЗУ-5

Таблица 3

Результаты наблюдения при подрывах

№ п/п	Обозначение ВЗУ	Наблюдения при подрывах	
		наличие пламени	наличие фрагментов дополнительных элементов ВЗУ
1	ВЗУ-1/420	Образование струйного пламени с высотой более 4 м; время существования факела составляет 0,5 с, после чего процесс горения происходит внутри корпуса ВЗУ в течение 5 с	—
2	ВЗУ-1/155	Образование огненного шара. Горение продуктов реакции внутри корпуса ВЗУ продолжается в течение 2 с и имеет выраженную струйную структуру	—
3	ВЗУ-2	Образование огненной вспышки с распространением продуктов горения на высоту 5 м	Наличие фрагментов дополнительных элементов на расстояние до 3 м в боковом направлении
4	ВЗУ-3	Образование огненного шара с распространением продуктов горения на высоту 4 м	Наличие фрагментов дополнительных элементов на расстояние до 3 м в боковом направлении
6	ВЗУ-4	Образование огненной вспышки средних размеров с последующим распространением продуктов горения на высоту до 3 м	Наличие фрагментов дополнительных элементов на расстояние до 5 м в боковом направлении
7	ВЗУ-5	Образование огненной вспышки средних размеров с последующим распространением продуктов горения на высоту до 3 м	Наличие фрагментов дополнительных элементов на расстояние до 5 м в боковом направлении

ТНТ, уменьшает на 20 % время существования пламени в сравнении с базовым вариантом ВЗУ-1/420.

Для оценки эффективности рассматриваемых вариантов ВЗУ открытого типа в подавлении фугасного действия подрывов размещенных в них зарядов ТНТ массой 0,5 кг была произведена статистическая обработка результатов измерения избыточного давления во фронте ВУВ.

В результате обработки экспериментальных данных получена статистическая модель зависимости избыточного давления во фронте ВУВ, в зависимости от схемы эксперимента, от расстояния до точки подрыва с использованием метода наименьших квадратов. Было рассмотрено несколько видов функций $y = f(x, a, b, \dots)$ и выбрана функция, для которой суммарная погрешность

$$\sum_{i=1}^n [f(x_i, a, b, \dots) - y_i]^2 \text{ оказалась минимальной.}$$

Вид статистической модели зависимости избыточного давления во фронте ВУВ, в зависимости от схемы эксперимента, от расстояния до точки подрыва представлен в табл. 4.

Анализ полученной статистической модели показывает, что все конструкции ВЗУ открытого типа являются эффективными средствами подавления фугасного действия подрыва размещенных в них зарядов ТНТ массой 0,5 кг, однако наибольшей эффективностью обладает ВЗУ-5, при использовании которой уровень избыточного давления составляет 39...13 кПа в интервале 1,5...3 м от места подрыва.

Вид статистической модели зависимости градиента избыточного давления во фронте ВУВ относительно уровня, характерного для открытого подрыва заряда ТНТ аналогичной массы, в зависимости от схемы эксперимента, от расстояния до точки подрыва представлен в табл. 5.

Таблица 4

Вид статистической модели зависимости избыточного давления во фронте ВУВ, в зависимости от схемы эксперимента, от расстояния до точки подрыва

№ п/п	Обозначение ВЗУ	Вид статистической модели	Коэффициенты модели		Среднее отклонение, %	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент корреляции
			a	b/b^2			
1	Открытый подрыв	$Y = a + bx^2$	287,733	-26,509	3	3,236	0,999
2	ВЗУ-1/420	$Y = a + bx^2$	82,413	-7,193	2	1,014	0,998
3	ВЗУ-1/155	$Y = a + bx^3$	82,081	-2,283	3	2,009	0,995
4	ВЗУ-2	$Y = a + bx^3$	60,144	-1,640	2	1,253	0,996
5	ВЗУ-3	$Y = a + bx^3$	63,462	-1,812	2	1,307	0,997
6	ВЗУ-4	$Y = ax^{b \exp(b_2, x)}$	1182,786	8,135/ -4,450	4	0,043	0,842
7	ВЗУ-5	$Y = ax^{b \exp(b_2, x)}$	833,180	7,327/ -4,034	5	0,057	0,995

Примечание: область определения аргумента от 1,5 до 3,0 м

Таблица 5

Вид статистической модели зависимости градиента избыточного давления во фронте ВУВ относительно уровня, характерного для открытого подрыва заряда ТНТ аналогичной массы, в зависимости от схемы эксперимента, от расстояния до точки подрыва

№ п/п	Обозначение ВЗУ	Вид статистической модели	Коэффициенты модели		Среднее отклонение, %	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент корреляции
			a	b/b^2			
1	ВЗУ-1/420	$Y = a + bx^{15}$	3,29	3,6E-7	4	0,168	0,997
2	ВЗУ-1/155	$Y = a + bx^{15}$	2,75	3,1E-7	8	0,293	0,989
3	ВЗУ-2	$Y = a + bx^{15}$	3,77	3,7E-7	9	0,411	0,983
4	ВЗУ-3	$Y = a + bx^{15}$	3,62	4,2E-7	8	0,354	0,991
5	ВЗУ-4	$Y = a + bx^{15}$	4,26	4,2E-7	12	0,703	0,965
6	ВЗУ-5	$Y = a + bx^{15}$	4,71	3,9E-7	13	0,804	0,948

Примечание: область определения аргумента от 1,5 до 3,0 м

Анализ статистических моделей, представленных в табл. 5, показывает, что уменьшение уровня избыточного давления во фронте ВУВ относительно уровня, характерного для открытого подрыва заряда ТНТ аналогичной массы, на расстоянии 1,5...3,0 м от точки подрыва составляет: для ВЗУ-5 — 387...1043 %; для ВЗУ-4 — 364...1043 %; для ВЗУ-3 — 331...973 %; для ВЗУ-2 — 343...913 %, для ВЗУ-1/155 — 260...730 %; для ВЗУ-1/420 — 316...858 %.

Относительный уровень избыточного давления во фронте ВУВ для ВЗУ открытого типа, содержащих специальные элементы, заполненные газожидкостным диспергентом, в сравнении с базовым вариантом ВЗУ-1/420 открытого типа, не содержащим специальные элементы, заполненные газожидкостным диспергентом, представлен на рис. 6.

Анализ результатов, представленных на рис. 6, показывает, что ВЗУ-4 и ВЗУ-5 открытого

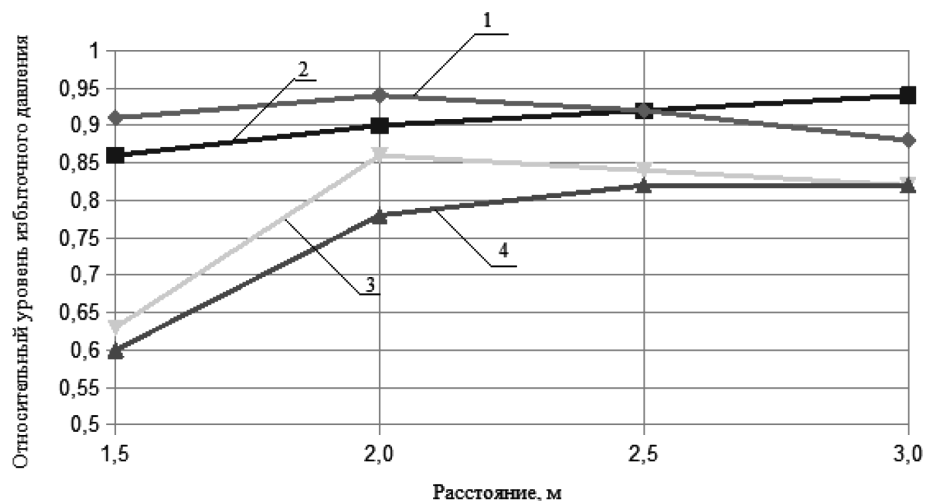


Рис. 6. Зависимость относительного уровня избыточного давления во фронте ВУВ для ВЗУ открытого типа, содержащих специальные элементы, заполненные газо-жидкостным диспергентом, в сравнении с базовым вариантом ВЗУ-1/420: 1 — для ВЗУ-2; 2 — для ВЗУ-3; 3 — для ВЗУ-4; 4 — для ВЗУ-5

типа, содержащие специальные элементы, заполненные газо-жидкостным диспергентом, обеспечивают наибольшую эффективность по снижению уровня избыточного давления во фронте ВУВ в сравнении с базовой конструкцией ВЗУ-1/420.

В связи с этими обстоятельствами, представляется целесообразным проведение дополнительных исследований по совершенствованию конструкции ВЗУ открытого типа за счет оптимизации габаритно-массовых характеристик газо-жидкостных рассекателей, входящих в состав ВЗУ-4 и ВЗУ-5, с целью минимизации пламенности подрывов в ней зарядов взрывчатого вещества.

Таким образом, в целях уменьшения пламенности и термического воздействия взрыва зарядов взрывчатого вещества в ВЗУ открытого типа необходимо включить в состав их конструкции газо-жидкостные рассекатели повышенной эффективности.

Литература

1. Петренко Е.С., Кузнецов А.В. Взрывобезопасные урны как один из методов повышения антитеррористической защищенности объектов городской и транспортной инфраструктуры в современных условиях // Спецтехника и связь. 2010. № 2–3. С. 31–34.

2. Пучков А.С., Спивак А.И., Лебедин А.В. К вопросу применения взрывозащитных урн (контейнеров) для обеспечения защиты объектов критической инфраструктуры при совершении террористических актов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2024. № 9–10. С. 11–16.

3. Михайлин А.И., Спивак А.И., Чернышов М.В. и др. Разработка и испытания комбинированных средств локализации поражающих факторов взрыва с эффектом направленного взрыва // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2011. № 7–8. С. 9–16.

4. Отчет о полигонных испытаниях опытного образца взрывозащитной урны. СПб.; АО «НПО Спецматериалов», 2010. 59 с.

5. Ручные гранаты РГН и РГО // Военное обозрение: электрон. журнал. 12 апреля 2013. URL: <https://topwar.ru/26710-ruchnye-granaty-rgn-i-rgo.html?ysclid=m72xc1x5bd722954069> (дата обращения: 19.10.2024).

6. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Дмитриев В.Я. и др. К вопросу исследования закономерностей снижения уровня избыточного давления во фронте воздушной ударной волны устройствами для защиты от взрыва «Фонтан» // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2014. № 9–10. С. 61–64.

7. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Дмитриев В.Я. и др. К вопросу снижения фугасного действия взрыва устройствами для защиты от взрыва «Фонтан» при срабатывании усиленных зарядов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2014. № 5–6. С. 47–54.
8. Сильников М.В., Спивак А.И., Васильев Н.Н. и др. Экспериментальное исследование снижения фугасного действия взрыва устройствами защиты серии «Фонтан» при срабатывании усиленных зарядов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2013. № 11–12. С. 28–36.
9. Сильников М.В., Гук И.В., Михайлин А.И., Шишкин В.Н. Экспериментальное и теоретическое исследование эффективности действия технических устройств на основе гетерогенной двухфазной среды для подавления поражающих факторов подводного взрыва // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 1 (101). С. 59–68.
10. Сильников М.В., Михайлин А.И., Шишкин В.Н., Гук И.В. Экспериментальное исследование эффективности действия технических средств на основе гетерогенной двухфазной среды для защиты от подводного взрыва // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2018. № 5–6 (119–120). С. 58–65.
11. Васильев Н.Н., Спивак А.И., Пугачев А.Н., Дмитриев В.Я. Методологические проблемы информационной неопределенности при разработке средств индивидуальной бронезащиты // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2014. № 11–12 (77–78). С. 11–16.
12. Пучков А.С., Гук И.В., Спивак А.И., Васильева С.Н. К вопросу применения цифровых измерителей скорости ударных волн для регистрации уровня избыточного давления во фронте воздушной ударной волны при полигонных испытаниях устройств для защиты от взрыва // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2024. № 1. С. 139–148.
13. Взрывобезопасная урна «ЩИТ-1», разработанная Группой компаний «Интегрированная безопасность» запатентована, испытана и сертифицирована. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/22085/> (дата обращения: 15.10.2024).
14. Взрывобезопасная урна для мусора: пат. 2272767 Рос. Федерация. № 2004131371/11; заявл. 28.10.2004; опубл. 27.03.2006, Бюл. № 9. 5 с.
15. Взрывобезопасная урна для мусора: пат. 2757732 Рос. Федерация. № 2021101490; заявл. 25.01.2021; опубл. 21.10.2021, Бюл. № 30. 9 с.
16. Бронеурна HALO 80. Blast Resistant Litter Bin (взрывоустойчивый мусорный контейнер). URL: <https://security.wekey.ru/catalogue/resheniya-po-bezopasnosti/halo-80-blast-resistant-litter-bin.html?ysclid=m7ujnwhy85542076675> (дата обращения: 15.10.2024).
17. Урна-контейнер взрывостойкий: пат. 200645 Рос. Федерация. № 2020118016; заявл. 01.06.2020; опубл. 03.11.2020, Бюл. № 31. 3 с.
18. Универсальный контейнер-мусоросборник: пат. 43063 Рос. Федерация. № 2004119297/22; заявл. 01.07.2004; опубл. 27.12.2004. 15 с.
19. Урна взрывостойкая «Урбан-В». URL: https://frontonplus.ru/catalog/urny/Vzryvo-bezopasnie_urny/urna-urban-v/?ysclid=m7uk-cjrx13931513607 (дата обращения: 15.10.2024).