

УДК 623.4

doi: 10.53816/20753608_2025_4_76

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВЗРЫВА
ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОДРЫВА ЗАРЯДОВ
ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ДО 10 КГ В ТРОТИЛОВОМ ЭКВИВАLENTE**

**DEVELOPMENT OF EXPLOSION PROTECTION DEVICES
FOR LOCALIZATION OF EXPLOSIVE CHARGES UP TO 10 KG
IN TNT EQUIVALENT**

Чл.-корр. РАРАН Н.М. Сильников, И.В. Гук, А.И. Спивак, С.Н. Васильева

НПО Спецматериалов

N.M. Silnikov, I.V. Guk, A.I. Spivak, S.N. Vasileva

Рассмотрен вопрос разработки модульных устройств для защиты от взрыва для локализации подрыва зарядов взрывчатого вещества до 10 кг в тротиловом эквиваленте. Установлено, что конструкция, состоящая из восьми облегченных боковых секций, более эффективно снижает уровень избыточного давления во фронте воздушной ударной волны, нежели конструкция, состоящая из четырех утяжеленных боковых секций.

Ключевые слова: взрывоопасный предмет, устройство для защиты от взрыва, воздушная ударная волна, термическое действие взрыва.

The development of modular blast protection devices for localizing the detonation of explosive charges up to 10 kg TNT equivalent was examined. It was found that a design consisting of eight lightweight side sections more effectively reduces the level of excess pressure in the blast front than a design consisting of four heavier side sections.

Keywords: explosive device, explosion protection device, air blast wave, thermal effect of an explosion.

Введение

Рост числа террористических актов, связанных с использованием взрывчатых веществ (ВВ), подчеркивает необходимость изучения современных методов обнаружения, классификации, обезвреживания и снижения разрушительных последствий срабатывания взрывных устройств (ВУ). При создании защитных систем параметры ударно-волнового воздействия на объект должны определяться не исходя из абсолютной безопасности, а с учетом допустимого риска, который можно сравнить, например, с рисками, связанными с природными явлениями.

Поиск простых и эффективных средств защиты от взрывных нагрузок остается важной задачей как для фундаментальных, так и прикладных исследований [1].

Для локализации последствий взрыва ВУ широкое применение получили устройства защиты от взрыва (УЗВ) «Фонтан» различных моделей контейнерного и мобильного типа, разработки и производства АО «НПО Спецматериалов». УЗВ «Фонтан» подтвердили свои защитные свойства при локализации оболочечных [2], безоболочечных [3], усиленных зарядов ВВ [4], в том числе под водой [5, 6], и направленного действия [7].

УЗВ «Фонтан» снижают до минимума человеческие жертвы и разрушения за счет эффективного подавления фугасного, осколочно-го, термического и термобарического действий взрывов. Они многократно снижают амплитуду избыточного давления во фронте воздушной ударной волны (ВУВ), размывают и выстилают фронт ВУВ, предотвращают возгорания, термическое и термобарическое поражения, уменьшают осколочный поток за счет уникальных амплитудно-частотных и релаксационных характеристик специального многофазного диспергента, являющегося основной рабочей средой изделия [8, 9].

УЗВ изготавливаются в двух модификациях: «Фонтан-1» — контейнер с защитной крышкой, в который помещается взрывоопасный (огнеопасный) предмет; «Фонтан-2» — устройство, которым накрывают сверху обнаруженный взрывоопасный (огнеопасный) предмет [10]. Основные характеристики УЗВ «Фонтан» представлены в таблице, а внешний вид — на рис. 1.

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что максимальная нормативная масса ВВ, локализуемая с использованием штатных

УЗВ «Фонтан», составляет 5 кг. Однако, анализ обстоятельств совершенных противоправных актов террористической направленности с использованием зарядов ВВ показывает, что используемые террористами взрывоопасные предметы (ВОП) могут содержать заряды ВВ массой до 10 кг [11, 13]. В связи с этими обстоятельствами возникает необходимость в разработке конструкции УЗВ, для которой максимальная нормативная локализуемая масса ВВ, составляет 10 кг.

Проведение исследований

На первом этапе отработки конструкции УЗВ, способного локализовывать взрыв заряда ВВ массой до 10 кг, была выбрана модульная конструкция на основе 6 секций в виде параллелепипедов. Четыре секции, собранные в соответствии со схемой, представленной на рис. 2, образуют параллелепипед с внутренней полостью в виде параллелепипеда, предназначенной для размещения заряда ВВ. В качестве верхней защитной композиции УЗВ используются 2 секции в виде параллелепипедов. Толщина одного модуля составляла 275 мм.



Рис. 1. Примеры боевого применения УЗВ «Фонтан-1» (а) и «Фонтан-2» (б)

Таблица

Характеристики УЗВ «Фонтан»

Модель	Тип	Защита от заряда ТНТ, кг не более	Локализуемый объем, дм ³ не более
«Фонтан-1»	05K	0,5	10
	10K	1,0	15
	20K	2,0	90
	50K	5,0	450
«Фонтан-2»	05Y	0,5	10
	10Y	1,0	15
	20Y	2,0	90
	3M2	2,0	40
	50M	5,0	450

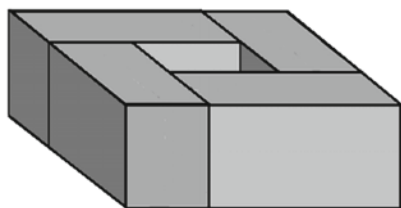


Рис. 2. Схема размещения секций в опытном УЗВ, рассчитанном на локализацию заряда ТНТ массой 10 кг

Оценка эффективности опытного образца УЗВ осуществлялась методом подрыва заряда ТНТ массой 10 кг в полигонных условиях. Для этой цели были осуществлены подрывы открытого заряда ТНТ и аналогичного заряда ТНТ, расположенного в опытном образце УЗВ.

Подрывы открытого заряда ВВ и заряда ВВ, размещенного в опытном образце УЗВ, осуществлялись с использованием электродетонаторов, заряды ТНТ при этом размещались на подставке высотой 75 мм.

При проведении испытаний осуществлялась регистрация давления во фронте ВУВ с использованием пьезоэлектрических датчиков давления ПД-7-1,5М и цифрового многоканального

осциллографа на базе персонального компьютера и платы сбора информации L-783 [12].

Схема размещения датчиков давления представлена на рис. 3. Расстояние от внешних габаритов опытного УЗВ до датчиков давления составило 6,0...7,5 м с интервалом 0,5 м.

Кинограмма открытого подрыва представлена на рис. 4.

Анализ результатов, представленных на рис. 4, показывает, что открытый подрыв заряда ТНТ массой 10 кг сопровождается значительной пламенностью и термическим эффектом на объекты инфраструктуры.

Вид мишенной обстановки до подрыва и после подрыва заряда ТНТ массой 10 кг, размещенного в УЗВ, представлен на рис. 5, а кинограмма подрыва — на рис. 6.

Зависимости избыточного давления во фронте ВУВ от расстояния от заряда при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг в опытном УЗВ в сравнении с аналогичными данными, полученными при открытом подрыве заряда ТНТ массой 10 кг, представлены на рис. 7.

Анализ результатов, представленных на рис. 7, показывает, что применение опытного образца УЗВ позволяет уменьшить уровни

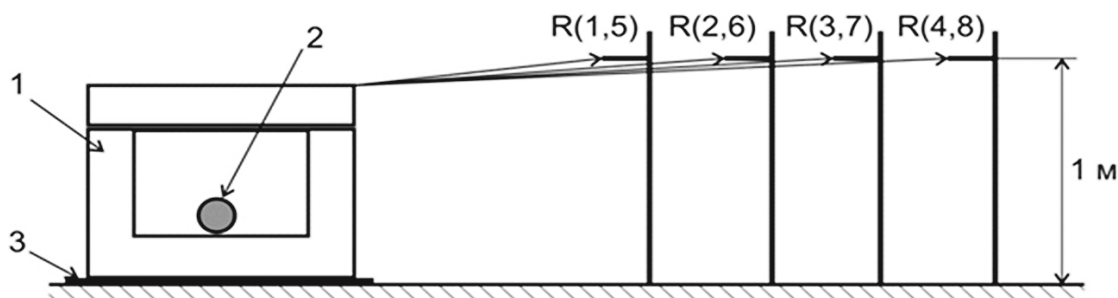


Рис. 3. Схема размещения секций в опытном УЗВ, рассчитанном на локализацию заряда ТНТ массой 10 кг

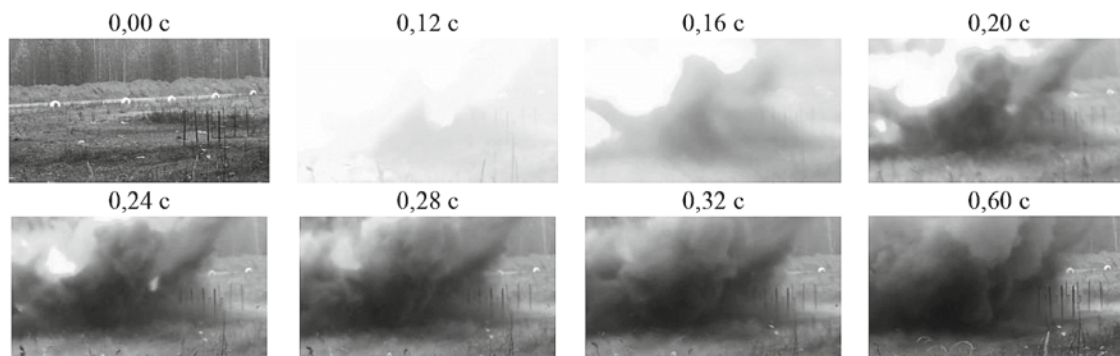


Рис. 4. Кинограмма открытого подрыва заряда ТНТ массой 10 кг

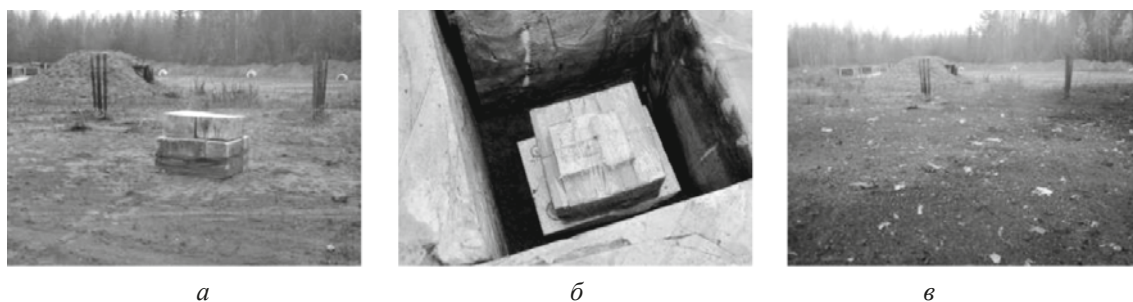


Рис. 5. Вид мишенной обстановки: а — до подрыва; б — заряд ТНТ массой 10 кг, размещенный в УЗВ; в — после подрыва

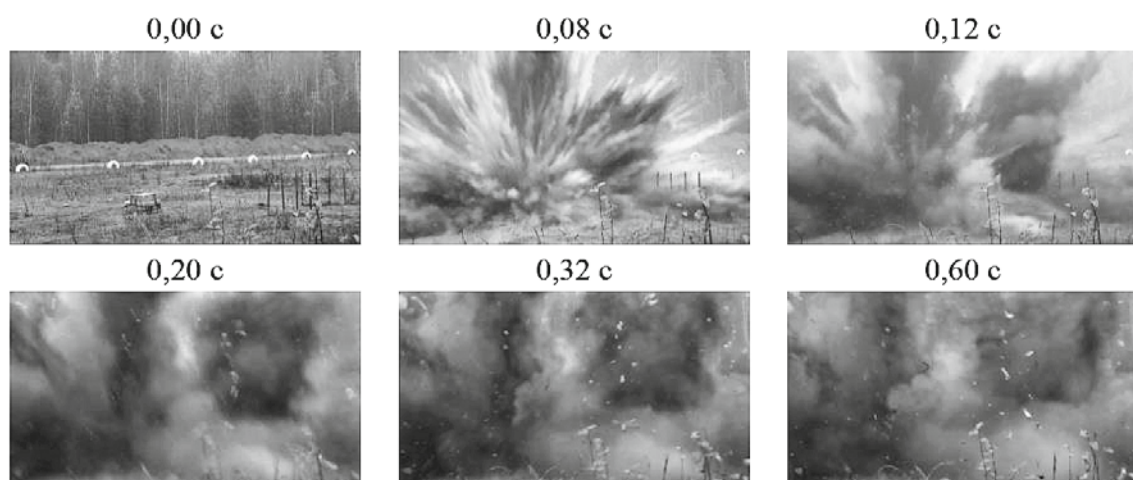


Рис. 6. Кинограмма подрыва заряда ТНТ массой 10 кг с использованием опытного УЗВ

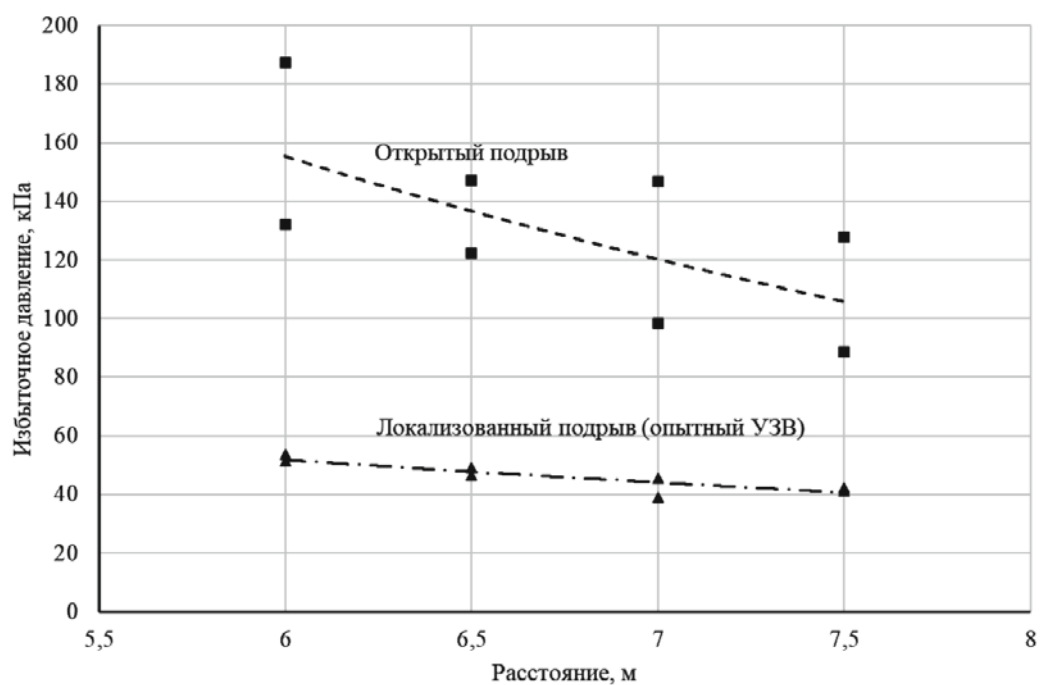


Рис. 7. Зависимости избыточного давления во фронте ВУВ от расстояния от заряда при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг в опытном УЗВ (▲) в сравнении с аналогичными данными, полученными при открытом подрыве заряда ТНТ массой 10 кг (■)

избыточного давления ВУВ при подрыве в нем заряда ТНТ массой 10 кг по сравнению с открытым подрывом аналогичного заряда ТНТ в следующих характерных точках: на расстоянии 6,0 м от заряда в — 3,1 раза; на расстоянии 6,5 м — в 2,6 раза; на расстоянии 7,0 м — в 2,9 раза; на расстоянии 7,5 м — 2,7 раза. При подрыве заряда ТНТ массой 10 кг с использованием опытного УЗВ величина избыточного давления во фронте ВУВ снижается до уровня 50 кПа (порога баротравмы у здорового взрослого человека) на расстоянии 6,3 м.

Таким образом, опытный образец УЗВ подтвердил свою эффективность по подавлению фугасного действия при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг и может быть использован специалистами-взрывотехниками для локализации подрыва ВОП.

Стоит отметить, что при производстве опытного УЗВ значительно увеличилась масса составных частей изделия, которые оперативно нужно доставлять и собирать на месте проведения ра-

бот по обезвреживанию. В связи с этим, возникла необходимость в разработке конструкции УЗВ, в состав которой входили облегченные модули для обеспечения возможности их перемещения вручную специалистами-взрывотехниками.

На втором этапе обработки конструкции УЗВ было принято решение заменить четыре утяжеленные боковые секции на восемь облегченных боковых секций. На основании этих посылок было создано опытное УЗВ «Фонтан-1» 100К, которое представляет собой модульную конструкцию, разработанную на основе одиннадцати секций в виде параллелепипедов. Восемь секций, собранных в соответствии со схемой, представленной на рис. 8, образуют параллелепипед с внутренней полостью, предназначенной для размещения заряда ВВ. В качестве верхней защитной композиции УЗВ используются две секции в виде параллелепипедов, в нижней части установлена одна защитная секция.

Определение защитных свойств УЗВ «Фонтан-1» модели 100К производилось сравнением параметров ВУВ, образующихся в открытом подрыве заряда ТНТ массой 10 кг и при локализованном подрыве заряда ТНТ массой 10 кг, размещенном в УЗВ «Фонтан-1» модели 100К.

Открытый подрыв заряда производили над стальной плитой толщиной 50 мм на высоте 75 мм. Регистрация избыточного давления во фронте ВУВ при открытых подрывах и с использованием УЗВ «Фонтан-1» модели 100К осуществлялась с помощью пьезоэлектрических датчиков давления ПД-7-1,5М, в комплекте с усилителем типа ИУ-16, платой сбора (АЦП) QMBox QMS20 и персональным компьютером.

Схема размещения датчиков давления представлена на рис. 9. Расстояние от внешних габ-

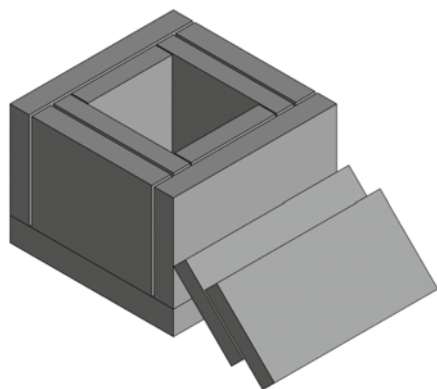


Рис. 8. Схема размещения секций в опытном УЗВ «Фонтан-1» модели 100К, рассчитанном на локализацию заряда ТНТ массой 10 кг

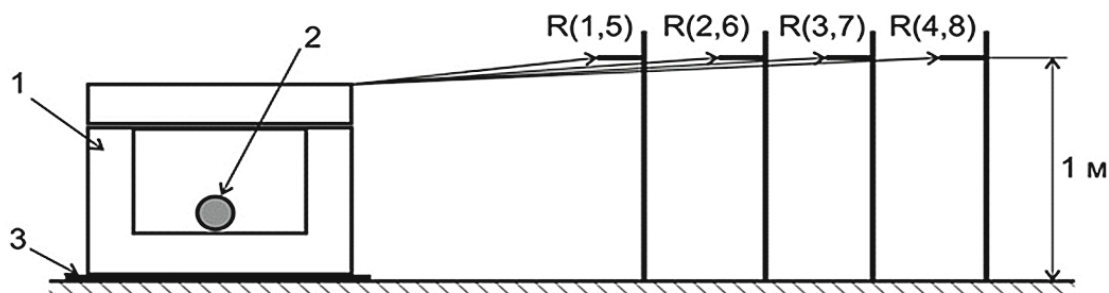


Рис. 9. Схема расположения зарядов ВВ, УЗВ и датчиков давления (вид сбоку): 1 — УЗВ; 2 — заряд ВВ; 3 — стальная плита. В скобках указаны номера позиций датчиков

ритов опытного УЗВ до датчиков давление составило 5,0...6,5 м с интервалом 0,5 м.

Вид мишенной обстановки при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг, размещенного в опытном УЗВ «Фонтан-1» модели 100К, представлен на рис. 10.

На рис. 11 представлена кинограмма открытого подрыва 10 кг тротила. Съемка проводилась на EVERCAM 4000-32-С.

Кинограмма подрыва заряда ТНТ массой 10 кг с использованием опытного УЗВ «Фонтан-1» модели 100К представлена на рис. 12.

Анализ результатов, представленных на рис. 11, 12, показывает, что использование опытного УЗВ «Фонтан-1» модели 100К приводит к практически полному устранению пламенности и термического эффекта взрыва.

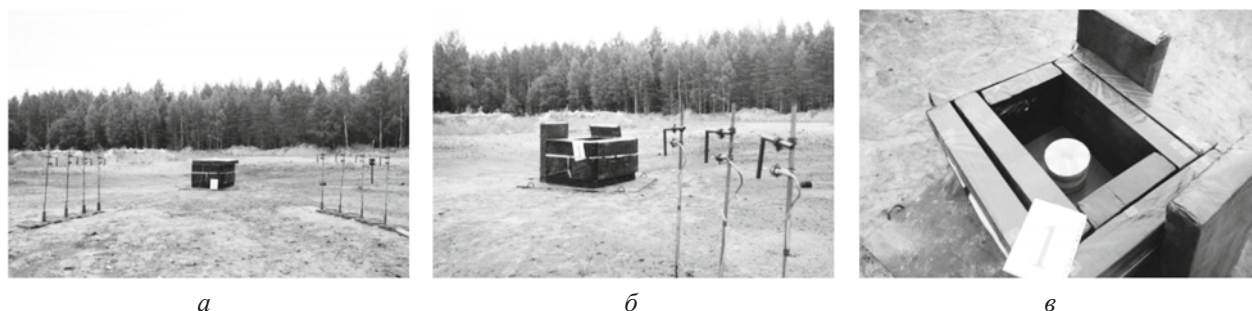


Рис. 10. Вид мишенной обстановки при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг, размещенного в опытном УЗВ «Фонтан-1» модели 100К (а, б); заряд ТНТ массой 10 кг внутри опытного УЗВ «Фонтан-1» модели 100К (в)

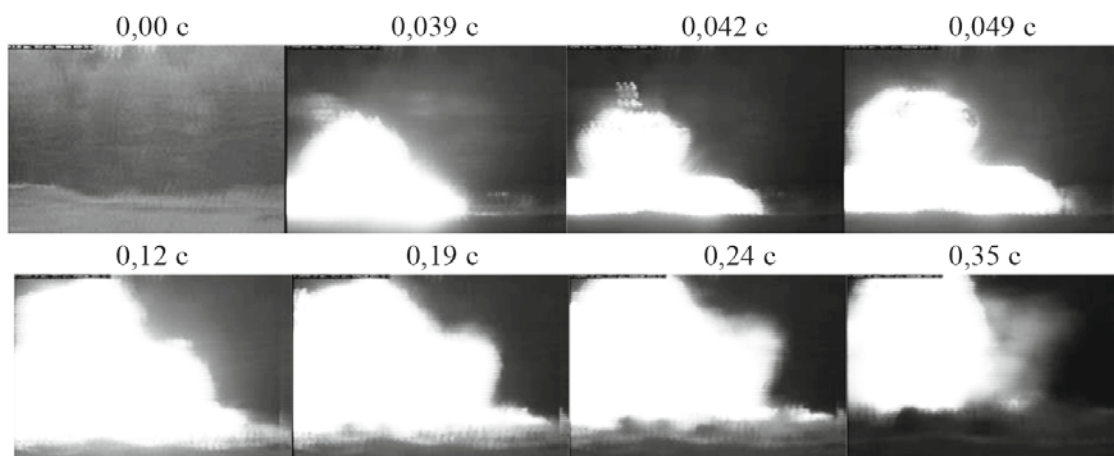


Рис. 11. Кинограмма открытого подрыва заряда ТНТ массой 10 кг

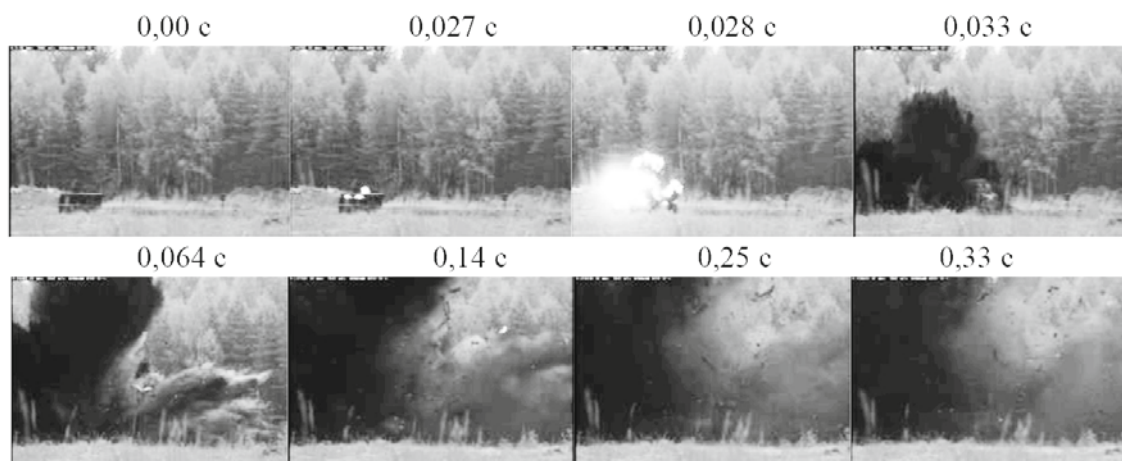


Рис. 12. Кинограмма подрыва заряда ТНТ массой 10 кг с использованием опытного УЗВ «Фонтан-1» 100К

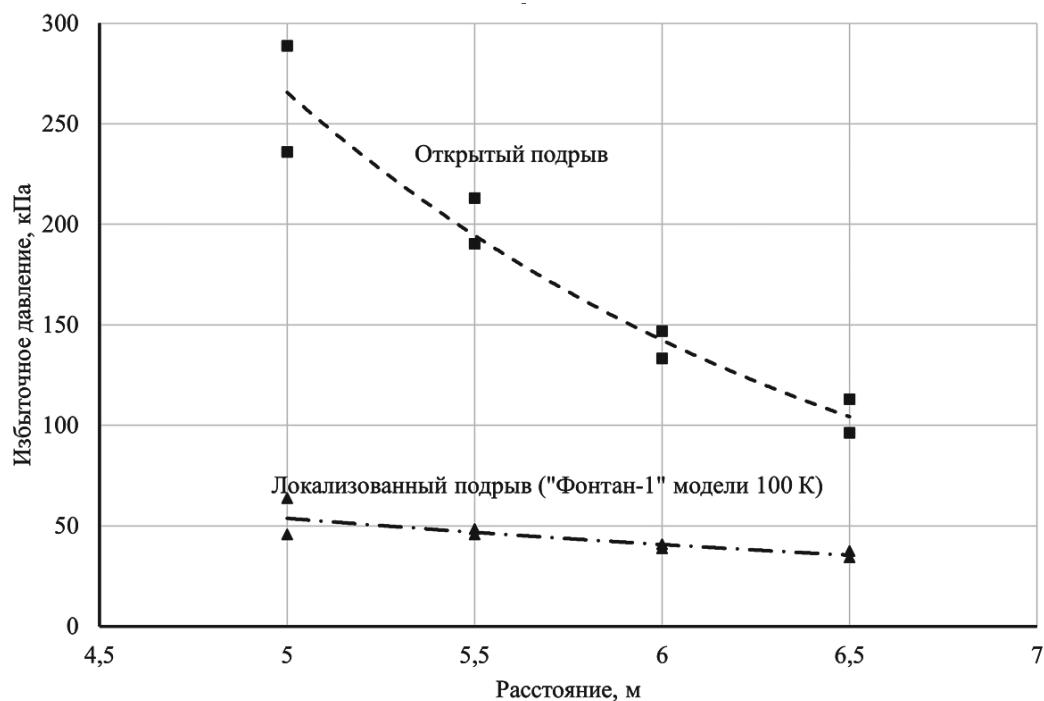


Рис. 13. Зависимости избыточного давления во фронте ВУВ от расстояния от заряда при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг в опытном УЗВ «Фонтан-1» модели 100К (▲) в сравнении с аналогичными данными, полученными при открытом подрыве заряда ТНТ массой 10 кг (■)

Зависимости избыточного давления во фронте ВУВ от расстояния от заряда при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг в опытном УЗВ «Фонтан-1» модели 100К в сравнении с аналогичными данными, полученными при открытом подрыве заряда ТНТ массой 10 кг, представлены на рис. 13.

В результате проведенных натурных испытаний было установлено, что экспериментальное изделие «Фонтан-1» модели 100К обеспечивает снижение максимальной амплитуды ВУВ, возникающей при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг, до уровня не более 50 кПа на расстоянии 5,5 метров от края изделия. Снижение избыточного давления во фронте ВУВ составило 77 % на расстоянии 5 метров от края изделия.

Обсуждение результатов

Анализ полученных результатов показывает, что экспериментальное изделие «Фонтан-1» модели 100К, состоящее из восьми облегченных боковых секций эффективнее снижает уровень избыточного давления во фронте ВУВ, нежели опытный образец УЗВ, состоящий из четырех

утяжеленных боковых секций. Уровни избыточного давления во фронте ВУВ при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг в УЗВ «Фонтан-1» модели 100К и опытном образце УЗВ представлены на рис. 14

Анализ результатов, представленных на рис. 14, показывает, что УЗВ «Фонтан-1» модели 100К на 20–25 %, в зависимости от расстояния от места подрыва заряда ТНТ, превосходит опытный образец УЗВ по снижению уровня избыточного давления во фронте ВУВ. Также следует отметить, что УЗВ «Фонтан-1» модели 100К обеспечивает снижение уровня избыточного давления во фронте ВУВ ниже порога баротравмы здорового взрослого человека (50 кПа) на расстоянии 5,5 м, тогда как для опытного образца УЗВ это расстояние увеличено и составляет 6,3 м. Последнее обстоятельство обеспечивает предпочтительность использования УЗВ «Фонтан-1» модели 100К в непосредственной близости от объектов военной и критической инфраструктуры.

Оба изделия эффективно гасят термическое и термобарическое действие взрыва при подрыве в них зарядов ТНТ массой 10 кг в сравнении с открытым подрывом аналогичного заряда

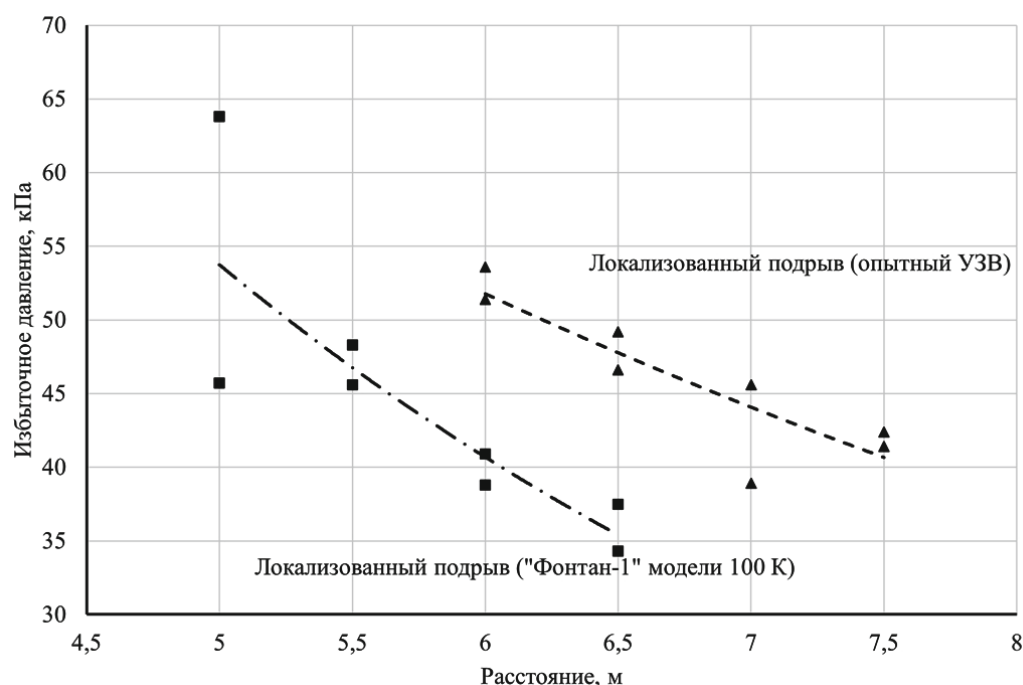


Рис. 14. Уровни избыточного давления во фронте ВУВ при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг в УЗВ «Фонтан-1» модели 100К (■) и опытном образце УЗВ (▲)

ТНТ. Незначительное наличие пламенности при подрыве заряда ТНТ массой 10 кг в непосредственной близости от УЗВ «Фонтан-1» модели 100К может быть объяснено наличием возможных зазоров при установке, а также, смещением модулей изделия относительно друг друга при взрыве. Однако, это обстоятельство не может являться основанием для ограничения использования УЗВ «Фонтан-1» модели 100К, поскольку наличие пламени фиксируется очень коротким промежутком времени на расстоянии менее 1 м от УЗВ, что не может повлиять на степень защищенности объектов военной и критической инфраструктуры при локализации ВОП, содержащих заряд ТНТ массой 10 кг.

Выводы

В результате проведенных исследований предложены конструкции опытных УЗВ, предназначенных для локализации ВОП, содержащих заряды ТНТ массой 10 кг.

В результате экспериментальных исследований установлено, что УЗВ «Фонтан-1» модели 100К, конструкция которого состоит из восьми облегченных боковых секций, обладает повы-

шенной эффективностью по снижению уровня избыточного давления во фронте ВУВ в сравнении с опытным УЗВ, конструкция которого состоит из четырех утяжеленных боковых секций. Конструкции обоих исследуемых УЗВ обеспечивают удовлетворительную эффективность по снижению термического и термобарического воздействия взрыва заряда ТНТ массой 10 кг.

Таким образом, опытный образец УЗВ «Фонтан-1» модели 100К подтвердил свою эффективность по локализации ВОП, содержащего заряд ТНТ массой 10 кг, и может быть рекомендован специалистами-взрывотехниками для использования при локализации подрыва ВОП.

Список источников

1. Сильников М.В., Гельфан Б.Е. Фугасное действие взрыва. СПб. Полигон, 2002. 266 с.
2. Пучков А.С., Спивак А.И., Васильева С.Н., Фроленков Ю.А. Оценка эффективности устройств для защиты от взрыва при подрыве толстостенных взрывоопасных предметов // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2024. № 9–10. С. 52–63.

3. Васильев Н.Н., Спивак А.И. 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.

4. Спивак А.И., Данилов Н.А., Сазыкин А.М. 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. № 3–4. С. 106–112.

5. Сильников М.В., Гук И.В., Михайлин А.И. и др. 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.

6. Сильников М.В., Михайлин А.И., Гук И.В. и др. 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.

7. Михайлин А.И., Спивак А.И., Компан Ф.М. 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.

8. Сильников М.В., Васильев Н.Н., Ермолаев В.А., Михайлин А.И. Об оценке эффективно-

сти модульных локализаторов взрыва // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2004. № 9–10. С. 49–53.

9. Сильников М.В., Васильев Н.Н., Михайлин А.И. Экспериментальное определение защитных характеристик модульных локализаторов взрыва // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2003. № 3–4. С. 83–85.

10. Пучков А.С., Сильников Н.М., Спивак А.И., Лебедин А.В. Анализ опыта создания и перспектив развития конструкций устройств для защиты от взрыва, предназначенных для локализации взрывоопасных предметов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2024. № 4 (134). С. 126–143.

11. Пучков А.С., Спивак А.И., Сизов А.А. К вопросу совершенствования состава технических систем и средств защиты зданий военных комиссариатов Министерства обороны Российской Федерации в условиях проведения специальной военной операции // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2023. № 5–6. С. 93–101.

12. Пучков А.С., Сильников Н.М., Спивак А.И., Ланцов Ю.Е. К вопросу совершенствования способов и средств обезвреживания взрывных устройств // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2024. № 3 (133). С. 105–116.

13. 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.