

**МЕЖДУНАРОДНОЕ
ТЕХНИЧЕСКОЕ
РУКОВОДСТВО ПО
БОЕПРИПАСАМ**

МТРБ

01.80

Второе издание
2015-02-01

Формулы управления боеприпасами



Предупреждение

Международное техническое руководство по боеприпасам (МТРБ) подлежит регулярному обзору и пересмотру. Данный документ является ныне действующим начиная с даты, указанной на титульном листе. Для подтверждения его статуса, пользователям следует обратиться в проект Организации Объединенных Наций SaferGuard МТРБ через веб-сайт Управления Организации Объединенных Наций по вопросам разоружения (УВР ООН) по адресу:

www.un.org/disarmament/un-saferguard/.

Уведомление об авторских правах

Настоящий документ является Международным техническим руководством по боеприпасам и авторские права на него защищены Организацией Объединенных Наций. Ни этот документ, ни выдержки из него не могут быть воспроизведены, заложены в базу данных или переданы в какой бы то ни было форме, с помощью каких бы то ни было средств и в каких бы то ни было целях без предварительного письменного разрешения УВР ООН, действующей от имени Организации Объединенных Наций.

Настоящий документ не является изданием для продажи.

Управление Организации Объединенных Наций по вопросам
разоружения (УВР ООН) Штаб-квартира Организации
Объединенных Наций, Нью-Йорк, NY 10017, США

Электронная почта: conventionalarms-unoda@un.org

Телефон: +1 917 367 2904

Факс: +1 917 367 1757

© ООН 2015 – Все права защищены

Содержание

Содержание	ii
Предисловие.....	iv
Введение.....	v
Формулы управления боеприпасами	1
1 Сфера применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения	1
4 Предпосылки	2
5 Закон масштабирования кубического корня	2
6 Воздушный удар	3
6.1 Ударная адиабата (параметры фронта ударной волны)	3
6.1.1. Скорость фронта ударной волны	3
6.1.2. Скорость частицы	3
6.1.3. Плотность за фронтом ударной волны	3
6.1.4. Динамическое давление.....	4
6.1.5. Отраженное давление	4
6.2 Ударная волна против давления и импульса.....	4
6.2.1. Давление инцидента.....	5
6.2.2. Импульс инцидента.....	5
6.2.3. Отраженное давление	6
6.2.4. Отраженный импульс.....	6
6.3 Закон масштабирования.....	7
6.4 Коэффициент отражения.....	7
6.5 Импульс	7
6.5.1. Общий импульс	7
6.5.2. Масштабированный импульс	8
7 Взрывные параметры	8
7.1 Давление детонации	8
7.2 Тротильный эквивалент.....	8
8 Баллистика	9
8.1 Скорость разлета осколков	9
8.2 Простое вычисление дальности разлета осколков	10
9 Простые безопасные расстояния дальности	10
9.1 Базовые уравнения	10
9.2 Базовые уравнения (альтернативные)	11
9.3 Зоны вертикальной опасности	11
9.4 Простое прогнозирование шума	11
10 Воздействие на строения.....	12
10.1 Воздушный удар.....	12

10.2	Разлет осколков	13
10.3	Наземная ударная волна.....	13
11	Воздействие на людей	14
11.1	Индивидуальный риск.....	14
11.2	Первичные уровни увечий ударной волны.....	14
11.3	Вторичные уровни увечий ударной волны	15
12	Подземное хранение	15
	Приложение А (нормативное) Ссылки	17
	Приложение В (информативное) Ссылки	18
	Учет поправок.....	19

Предисловие

В 2008 году, группа правительственных экспертов Организации Объединенных Наций выступила с отчетом перед Генеральной Ассамблеей о проблемах, возникающих в связи с наращиванием запасов обычных боеприпасов в избытке.¹ Группой было отмечено, что сотрудничество в отношении эффективного управления запасами должно поддерживать подход "управления всем жизненным циклом", начиная с систем распределения по категориям и ведения учета, что крайне важно для обеспечения безопасного обращения и хранения, а также идентификации чрезмерных запасов до систем физической безопасности и включения процедур наблюдения и испытания для оценки устойчивости и надежности боеприпасов.

Основной рекомендацией, данной этой группой явилась разработка технического руководства для управления запасами боеприпасов в рамках Организации Объединенных Наций.

Впоследствии Генеральная Ассамблея приветствовала отчет группы и настоятельно побуждала государства выполнять ее рекомендации.² Это обеспечило мандат для Организации Объединенных Наций на разработку "технического руководства по управлению запасами обычных боеприпасов", ныне широко известного как Международное техническое руководство по боеприпасам (МТРБ).

Работа по подготовке, обзору и пересмотру этого руководства была проведена под эгидой Программы Организации Объединенных Наций "SaferGuard" с помощью группы экспертов по научно-техническому обзору, состоящей из специалистов со стороны государств-членов, при поддержке международных, правительственных и неправительственных организаций.

В декабре 2011 года Генеральная Ассамблея приняла резолюцию³ приветствовавшую разработку МТРБ и продолжила побуждать государства к выполнению рекомендаций Группы правительственных экспертов;¹ Отчет ГПЭ включал в себя рекомендацию по использованию государствами МТРБ на добровольной основе. Данная резолюция также побуждала государства налаживать контакт с Программой Организации Объединенных Наций SaferGuard с целью развития сотрудничества и получения технического содействия.

Это МТРБ будет регулярно пересматриваться для того, чтобы отражать развивающиеся нормы и практику управления запасами боеприпасов, а также для внесения изменений в связи с поправками к соответствующим международным положениям и требованиям. Данный документ формирует часть второго издания (2015 года) МТРБ, которое подлежит первому пятилетнему пересмотру с помощью Экспертной рабочей группы по боеприпасам УВР ООН. Последняя версия каждого руководства совместно с информацией о работе группы экспертов по научно-техническому обзору, можно найти по следующему адресу: www.un.org/disarmament/un-saferguard/.

¹ Генеральная Ассамблея ООН A/63/182, *Проблемы, порождаемые накоплением избыточных запасов обычных боеприпасов*. 28 июля 2008 года. (Доклад Группы правительственных экспертов). Группа получила мандат от A/RES/61/72, *Проблемы, порождаемые накоплением избыточных запасов обычных боеприпасов*. От 6 декабря 2006 года.

² Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН (ГА ООН) A/RES/63/61, *Проблемы, порождаемые накоплением избыточных запасов обычных боеприпасов*. От 2 декабря 2008 года.

³ Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН (ГА ООН) A/RES/66/42, *Проблемы, порождаемые накоплением избыточных запасов обычных боеприпасов*, принятая 2 декабря 2011 и датированная 12 января 2012 года.

Введение

Характеристики боеприпасов и взрывчатых веществ при их потенциале незапланированной разрушительной реакции создают необходимость для разработки рекомендаций и руководящих принципов для безопасного управления запасами обычных боеприпасов. Это продиктовано необходимостью создания подхода, базирующегося на учете риска⁴, который должен быть основан на здоровой инженерии и науке о взрывоопасных веществах.

Решения по управлению риском могут быть основаны на более масштабном знании, если может быть принята во внимание вероятность и последствия нештатной ситуации с взрывчатыми веществами. Это требует знаний ряда научно признанных формул, которые могут использоваться в поддержку принятия решений и управления риском во время проведения управления запасами обычных боеприпасов.

Данный модуль МТРБ обобщает научные формулы, являющиеся либо полезными, либо крайне важными для безопасного, эффективного и действенного управления боеприпасами. Подробное использование этих формул дается в других, научно-ориентированных модулях МТРБ в остальных руководствах или в сопроводительном программном продукте МТРБ.

⁴ МТРБ 02.10 *Введение в принципы и процессы управления риском* содержит дополнительную информацию об основанных на учете риска подходах в управлении запасами обычных боеприпасов.

Формулы управления боеприпасами

1 Сфера применения

В этом модуле МТРБ дается вводная информация и краткое изложение научно доказанных и надежных формул, которые могут быть использованы в поддержку процессов принятия решений и управления риском, являющихся важными для безопасного и эффективного управления запасами обычных боеприпасов.⁵ Руководящие указания для их надлежащего применения содержатся либо в этом модуле МТРБ, сопроводительном программном продукте МТРБ или в других, более специфических технических модулях МТРБ. В данном документе они кратко изложены для удобства ссылок в них дальнейшем использовании.

2 Нормативные ссылки

Следующие документы со ссылками являются неотъемлемой частью для применения данного документа. Относительно датированных ссылок, применяется только процитированное исправление. В отношении недатированных ссылок применяется последняя редакция приводимого в ссылке документа (включая любые правки).

Перечень нормативных ссылок приводится в Приложении А. Нормативные ссылки являются важными документами, на которые даются указания в данном руководстве и которые являются составной частью положений этого руководства.

Последующий перечень информативных ссылок дается в Приложении В в виде библиографических ссылок, перечисляющих дополнительные документы, содержащие иную полезную информацию по формулам для управления запасами обычных боеприпасов.

3 Термины и определения

С учетом целей этого руководства, необходимо применять следующие термины и определения, а также их более масштабный перечень, приводимый в МТРБ 01.40:2015(E) *Термины, определения и сокращения*.

Термин "бризантность" означает *дробящее воздействие взрывчатого вещества или взрыва*.

Термин "опасность" означает *потенциальный источник ущерба*.

Термин "количественное расстояние" означает *установленное безопасное расстояние между потенциально взрывоопасным участком и подвергающимся опасности объектом*.

Термин "риск" означает *сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести нанесенного ущерба*.

Термин "управление риском" означает *завершенный процесс принятия решения, основанный на степени риска*.

Во всех модулях Международного технического руководства по боеприпасам, английские глаголы 'shall' (должен), 'should' (следует), 'may' (можно) и 'can' (возможно) используются для выражения положений в соответствии с их применением в стандартах ИСО.

⁵Более подробное применение формул объясняется в других тематических модулях МТРБ в остальных руководствах.

- a) **Глагол 'shall' (должен) указывает на требование:** он используется для обозначения требований, которые необходимо неукоснительно выполнять для того чтобы соответствовать документу, отклонения от которых не допустимы.
- b) **Глагол 'should' (следует) указывает на рекомендацию:** он используется для указания среди нескольких возможностей одной рекомендованной, как конкретно подходящей, не упоминая или исключая другие, либо указывает на то, что определенный порядок действий является предпочтительным, но в то же время не обязательным, или что (в отрицательной форме, "не следует") определенная возможность или порядок действий не поддерживается но и не запрещается.
- c) **Глагол 'may' (может) указывает на разрешение:** он используется для указания разрешенного порядка действий в рамках данного документа.
- d) **Глагол 'can' указывает на возможность и способность:** он используется для выражения возможности и способности, будь то материальной, физической или случайной.

4 Предпосылки

Боеприпасы и взрывчатые вещества, по своим характеристикам представляют свойственный им риск во время хранения и, если не получают должного обращения то представляют еще и скрытую опасность для местных сообществ в их непосредственной близости. Незапланированные факты взрывов регулярно происходят в местах хранения боеприпасов по всему миру, но в то же время, большая часть получаемого в результате этого негативного воздействия на местные сообщества могла быть предотвращена, если бы были разработаны и внедрены эффективные системы управления риском.

Поэтому применение доказанной и здоровой науки и инженерии в области взрывоопасных материалов крайне важно в поддержании процессов управления риском, необходимых для достижения безопасного и действенного управления запасами обычных боеприпасов.

Данный модуль МТРБ содержит формулы, которые следует применять в поддержку процессов управления риском в рамках управления запасами обычных боеприпасов, а также дает краткое изложение их потенциального применения. Более подробная информация о применении каждой формулы содержится в рамках тематики, конкретных модулей МТРБ в остальных руководствах.

5 Закон масштабирования кубического корня

Многие государства применяют правила, опирающиеся на тип взрывчатых веществ, их количество, и расстояние от взрывчатого вещества до места, где люди подвержены риску. Эти правила также известны как критерий количества и расстояния (К-Р), и основаны на подходе, взятом из *закона Хопкинса - Кранца*⁶⁷, которые впоследствии изменяются целым рядом коэффициентов. Этот закон является основой большей части работы по вычислению соответствующих количественных и разделительных расстояний.

NOTE 1 Не всегда представляется возможным обеспечить разделительные расстояния в соответствии с К-Р, что является худшим сценарием, и здесь можно воспользоваться альтернативной системой определения риска в количественном отношении (ОРКО). (Для дополнительной информации см. МТРБ 02.20 *Количественные и разделительные расстояния*).

$(R_1/R_2) = (W_1/W_2)^{1/3}$ $R = Z \cdot W^{1/3}$	R = Дальность (м) Z = Постоянная пропорциональности (зависит от допустимого избыточного давления воздушной ударной волны) W = Масса ВВ (кг)
---	---

⁶Хопкинсон Б, *Протокол совещания совета по боеприпасам Великобритании* 13565, 1915 год.

⁷Кранц К, *Учебник по баллистике*, Издательство Springer-Verlag, Берлин, 1916 год.

Таблица 1: Закон масштабирования Хопкинсона-Кранца

Примеры постоянной "Z", используемой для определения безопасности хранилища взрывчатых веществ⁸ отображены в таблице 2:

Z	Назначение	Примечания
8.0	Используется для прогнозирования разделительных расстояний между цехами обработки боеприпасов (ЦОБ) внутри участка хранения взрывчатых веществ (УХВВ).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Дополнительные безопасные расстояния будут применяться в дальнейшем, если значение "R" находится ниже определенного уровня, что отличается для каждой функции "Z".
14.8	Используется для прогнозирования разделительных расстояний между складом хранения взрывчатых веществ (СХВВ) и путями общего пользования в пределах доступа гражданского населения.	
22.2	Используется для прогнозирования разделительных расстояний между складом хранения взрывчатых веществ (СХВВ) и зданием, населенным гражданскими лицами.	
44.4	Используется для прогнозирования разделительных расстояний между складом хранения взрывчатых веществ (СХВВ) и уязвимым зданием, населенным гражданскими лицами (например, образовательное учреждение).	

Таблица 2: Примеры постоянной "Z"

Дополнительные сведения о практическом применении этой формулы содержатся в модуле МТРБ 02.20 *Количественные и разделительные расстояния*.

6 Воздушный удар

Параметры характеристик ударной волны с резким разрывом непрерывности давления на фронте ударной волны таковы:

- a) Избыточное давление;
- b) Динамическое давление;
- c) Отраженное давление;
- d) Плотность;
- e) Скорость фронта ударной волны; а также
- f) Скорость частиц.

Эти параметры могут быть определены при использовании уравнений *ударной адиабаты*.⁹

⁸ Это является параметрами "Z" по умолчанию в программном продукте МТРБ, хотя программный продукт не позволяет пользователю вносить альтернативные значения "Z".

⁹ Ранкин В. Дж. Х. *Динамика взрыва и ее применение*. Издательство "Эльзевьер". Амстердам. 1979 год.

6.1 Ударная адиабата (параметры фронта ударной волны)¹⁰

6.1.1. Скорость фронта ударной волны

$V_{sf} = c \cdot (1 + (6P_s/7P_0))^{1/2}$	V_{sf} = Скорость фронта ударной волны (м/с) c = Скорость звука (м/с) P_s = Пиковое боковое давление (кПа) P_0 = Давление внешней среды (кПа)
--	--

Таблица 3: Скорость фронта ударной волны

6.1.2. Скорость частицы

$V_p = (5P_s/7P_0) \cdot (c/(1 + (6P_s \cdot 7P_0))^{1/2})$	V_p = Скорость частиц (м/с) P_s = Пиковое боковое давление (кПа) P_0 = Давление внешней среды (кПа) c = Скорость звука (м/с)
---	---

Таблица 4: Скорость частицы

6.1.3. Плотность за фронтом ударной волны

$D_{sf} = (7 + (6P_s/7P_0))/(7 + P_s/7P_0) \cdot D_{air}$	D_{sf} = Плотность воздуха за фронтом ударной волны (кг/м ³) P_s = Пиковое боковое давление (кПа) P_0 = Давление внешней среды (кПа) D_{air} = Плотность воздуха
---	---

Таблица 5: Плотность за фронтом ударной волны

6.1.4. Динамическое давление

Динамическое давление во время ударной нагрузки строения является функцией давления по отношению к времени, в противоположность к квазистатической ударной нагрузке в данный момент времени:

$P_d = 5P_s^2 + 2(P_s + 7P_0)$	P_d = Пиковое динамическое давление (кПа) P_s = Пиковое боковое давление (кПа) P_0 = Давление внешней среды (кПа)
--------------------------------	---

Таблица 6: Динамическое давление

6.1.5. Отраженное давление¹¹

$P_r = 2P_s \cdot ((7P_0 + 4P_s)/(7P_0 + P_s))$	P_r = Пиковое отраженное давление (кПа) P_0 = Давление внешней среды (кПа) P_s = Пиковое боковое давление (кПа)
---	---

Таблица 7: Отраженное давление

Дополнительные сведения о практическом применении этой формулы содержатся в модуле МТРБ 02.20 *Количественные и разделительные расстояния* или в концепции анализа

¹⁰ Уравнения ударной адиабаты (Ранкина-Гюгонио) применимы только при условии того, что скорость частиц впереди фронта ударной волны равна нулю, а воздух ведет себя как идеальный газ (с конкретным коэффициентом тепла в 1.4)

¹¹ Как правило, отраженное давление.

последствий взрыва в модуле МТРБ 02.10 *Введение в принципы и процессы управления риском* и сопроводительном программном продукте МТРБ.

6.2 Ударная волна против давления и импульса

Уравнения для расчета избыточного давления воздушной ударной волны на полигоне разработали *Чарльз Кингери* и *Джеральд Булмаш*. Эти уравнения получили широкое признание в качестве способа инженерного прогнозирования для определения давления свободного поля и нагрузок на строения, и формируют основу для программного продукта Программы США по эффектам конкретных видов обычного оружия (КОНВЕП) [CONWEP]. Их отчет¹² содержит подборку данных с взрывных испытаний с использованием массы заряда от менее чем 1кг до более, чем 400,000 кг. Авторы применили технику соответствия кривой, для того, чтобы представить данные уравнения высокого порядка с многочленами, которые включены в сопутствующий программный продукт МТРБ для простоты применения.

Для информации уравнения изложены в таблицах 8 – 13, где функции представления параметров воздушной ударной волны в противопоставлении расстоянию в метрах для 1 кг сферической в свободном пространстве ударной волны тротила и полусферической поверхностной ударной волны отображены для следующих параметров: 1) давление инцидента; 2) импульс инцидента; 3) отраженное давление; а также 4) отраженный импульс.

Числовые значения для постоянных 'С' и 'К' относятся к заряду 1 кг в тротиловом эквиваленте. Прогнозы для других взрывчатых веществ потребуют сначала определения тротилового эквивалента (Статья 7.2).

$Y = C_0 + C_1U + C_2U^2 + C_3U^3 \dots\dots\dots C_nU^n$	Y = Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс) C _{0,1,2 etc} = Постоянная величина U = K ₀ + K ₁ T K _{0,1 etc} = Постоянная величина T = Десятичный логарифм расстояния (м)
---	--

Таблица 8: Общая форма многочленов Кингери и Булмаша

6.2.1. Давление инцидента

Эти уравнения имеют дальность применимости 0.05 – 40 м.

$U = -0.214362789151 + 1.35034249993T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 2.611368669 - 1.69012801396U + 0.00804973591951U^2 + 0.336743114941U^3 - 0.00516226351334U^4 - 0.0809228619858U^5 - 0.00478507266747U^6 + 0.00793030472242U^7 + 0.0007684469735U^8$	U = K ₀ + K ₁ T T = Десятичный логарифм расстояния (м) Y = Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
---	--

Таблица 9: Многочлен Кингери и Булмаша для давления инцидента (сферическое в свободном пространстве воздуха)

¹²*Чарльз Н. Кингери и Джеральд Булмаш*. Параметры воздушной ударной волны от сферической воздушной ударной волны и полусферической воздушной ударной волны взрыва тротила. Технический отчет США ARBRL-TR-02555. Лаборатория исследования баллистики, испытательный полигон Аберден, Мэриленд, США. Апрель 1984 года.

$U = -0.214362789151 + 1.35034249993T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 2.78076916577 - 1.6958988741U + 0.154159376846U_2 + 0.514060730593U_3 - 0.0988534365274U_4 - 0.293912623038U_5 - 0.0268112345019U_6 + 0.109097496421U_7 + 0.00162846756311U_R$	$U = K_0 + K_1T$ $T =$ Десятичный логарифм расстояния (м) $Y =$ Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
--	---

Таблица 9А: Многочлен Кингери и Булмаша для давления инцидента (полусферическое на поверхности)

6.2.2. Импульс инцидента

Уравнение, приведенное в Таблице 10 применимо только для дальности ближнего поля 0.0531м, иными словами, в непосредственной близости к взрывному заряду.

$U = 2.34723921354 + 3.24299066475T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 2.38830516757 - 0.443749377691U + 0.168825414684U_2 + 0.0348138030308U_3 - 0.010435192824U_4$	$U = K_0 + K_1T$ $T =$ Десятичный логарифм расстояния (м) $Y =$ Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
---	---

Таблица 10: Многочлен Кингери и Булмаша для импульса инцидента (очень близко к полю) (сферическая в свободном пространстве воздуха)

Уравнение в Таблице 10А применимо только для масштабированных расстояний между 0.0674 и 0.955.

$U = 2.06761908721 + 3.0760329666T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 2.52455620925 - 0.502992763686U + 0.171335645235U_2 + 0.0450176963051U_3 - 0.0118964626402U_4$	$U = K_0 + K_1T$ $T =$ Десятичный логарифм расстояния (м) $Y =$ Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
---	---

Таблица 10А: Многочлен Кингери и Булмаша для Импульс инцидента (очень близко к полю) (полусферическая на поверхности)

Уравнения в Таблице 11 применимы для диапазона по мере того, как ударная волна удаляется от взрывного заряда (на масштабированном расстоянии от 0.955 до 40).

$U = -1.75305660315 + 0.30629231803T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 1.55197227115 - 0.40463292088U - 0.0142721946082U_2 + 0.00912366316617U_3 - 0.0006750681404U_4 - 0.0080086371901U_5 - 0.00314819515931U_6 + 0.00152044783382U_7$	$U = K_0 + K_1T$ $T =$ Десятичный логарифм расстояния (м) $Y =$ Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
---	---

Таблица 11: Многочлен Кингери и Булмаша для импульса инцидента (сферический в свободном пространстве воздуха)

$U = -1.94708846747 + 2.40697745406T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 1.67281645863 - 0.384519026965U - 0.0260816706301U_2 + 0.00595798753822U_3 - 0.014544526107U_4 - 0.00663289334734U_5 - 0.00284189327204U_6 + 0.0013644816277U_7$	$U = K_0 + K_1T$ $T =$ Десятичный логарифм расстояния (м) $Y =$ Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
---	---

Таблица 11А: Многочлен Кингери и Булмаша для импульса инцидента (полусферический на поверхности)

6.2.3. Отраженное давление

Это уравнение имеет дальность применимости от 0.05 до 40м.

$U = -0.214362789151 + 1.35034249993T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 3.22958031387 - 2.21400538997U + 0.035119031446U_2 + 0.657599992109U_3 + 0.0141818951887U_4 - 0.243076636231U_5 - 0.0158699803158U_6 + 0.0492741184234U_7 + 0.00227639644004U_8 - 0.00397126276058U_9$	$U = K_0 + K_1 T$ Т = Десятичный логарифм расстояния (м) Y = Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
--	--

Таблица 12: Многочлен Кингери и Булмаша для отраженного давления (сферическое в свободном пространстве воздуха)

$U = -0.240657322658 + 1.36637719229T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 3.40283217581 - 2.21030870597U + 0.218536586295U_2 + 0.895319589372U_3 + 0.24989009775U_4 - 0.569249436807U_5 - 0.11791682383U_6 + 0.224131161411U_7 + 0.0245620259375U_8 - 0.455116002694U_9$	$U = K_0 + K_1 T$ Т = Десятичный логарифм расстояния (м) Y = Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
--	--

Таблица 12А: Многочлен Кингери и Булмаша для отраженного давления (полусферическое на поверхности)

6.2.4. Отраженный импульс

Эти уравнения имеют дальность применимости от 0.05 до 40 м.

$U = 0.204004553231 + 1.37882996018T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 2.55875660396 - 0.903118886091U + 0.101771877942U_2 - 0.0242139751146U_3$	$U = K_0 + K_1 T$ Т = Десятичный логарифм расстояния (м) Y = Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
--	--

Таблица 13: Многочлен Кингери и Булмаша для отраженного импульса (сферический в свободном пространстве воздуха)

$U = -0.246208804814 + 1.33422049854T$ <p style="text-align: center;"><i>Затем заменить U на</i></p> $Y = 2.70588058103 - 0.949516092853U + 0.112136118689U_2 - 0.0250659183287U_3$	$U = K_0 + K_1 T$ Т = Десятичный логарифм расстояния (м) Y = Параметр десятичного логарифма воздушной ударной волны (метрический) (давление или импульс)
---	--

Таблица 13А: Многочлен Кингери и Булмаша для отраженного импульса (полусферический на поверхности)

Дополнительные сведения о практическом применении этой формулы содержатся в концепции *Анализа последствий взрыва* в модуле МТРБ 02.10 *Введение в принципы и процессы управления риском* и в сопутствующем программном продукте МТРБ.

6.3 Закон масштабирования

В случае воздушных ударных волн от взрывов, произведенных на высоте, где окружающие условия могут сильно отличаться от условий на уровне моря, наиболее часто используемым законом масштабирования является закон, приписываемый Саксу.¹³ Применение закона масштабирования Сакса ведет к формулированию факторов масштабирования высоты.

<p><i>Масштабированное расстояние на высоте "z"</i> $S_{dz} = (P_0/P_z)^{1/3}$</p> <p><i>Масштабированное давление на высоте "z"</i> $S_{pz} = (P_z/P_0)$</p> <p><i>Масштабированный импульс на высоте "z"</i> $S_{iz} = (P_z/P_0)^{2/3} \cdot (T_0/T_z)^{1/2}$</p> <p><i>Масштабированный импульс на высоте "z"</i> $S_t = (P_0/P_z)^{1/3} \cdot (T_0/T_z)^{1/2}$</p>	<p>S_{dz} = Масштабированное расстояние на высоте "z" (м) P_0 = Давление внешней среды (кПа) (101.33 кПа) P_z = Давление на высоте "z" (кПа) S_{pz} = Масштабированное давление на высоте "z" (кПа) S_{iz} = Масштабированный импульс на высоте "z" (кг. м/с) T_0 = Температура окружающих условий (К) (288.16°K) T_z = Температура на высоте "z" (К) S_t = Масштабированное умножено на высоте "z" (с)</p>
--	--

Таблица 14: Факторы масштабирования Сакса

6.4 Коэффициент отражения

Коэффициент отражения используется во время анализа последствий взрыва (АПВ) для сравнения пикового отраженного давления с пиковым боковым давлением:

$C_r = P_r / P_s$	<p>C_r = Коэффициент отражения P_r = Пиковое отраженное давление (кПа) P_s = Пиковое боковое давление (кПа)</p>
-------------------	--

Таблица 15: Коэффициент отражения

6.5 Импульс

6.5.1. Общий импульс

Решающим параметром повреждений, обусловленных воздушной ударной волной является положительный импульс избыточного давления. Его следует определять посредством интеграции фазы положительного избыточного давления, (то есть, определяемого общей площадью ниже кривой соотношения давления на время).

$I_s = \int P_s \cdot t \cdot dt$	<p>I_s = Боковой импульс (кг.м/с) P_s = Пиковое боковое давление (кПа) t = Время (с)</p>
-----------------------------------	---

Таблица 16: Общий импульс

¹³Сакс Р. Г. Зависимость воздушной ударной волны от давления окружающих условий и температуры. Технический отчет 466. Лаборатория исследования баллистики, испытательный полигон Аберден, Мэриленд, США, май 1944 года.

6.5.2. Масштабированный импульс

Масштабированный импульс часто используется для прогнозирования воздействия ударной волны на людей:

$I_{si} = I_s / P_0^{1/2} \cdot m^{1/3}$	I_{si} = Масштабированный импульс (кг. м/с) I_s = Боковой импульс (кг. м/с) P_0 = Давление внешней среды (кПа) M = Масса человека (кг)
--	---

Таблица 17: Масштабированный импульс на человека

7 Взрывные параметры

7.1 Давление детонации

Давление детонации взрывчатого вещества обеспечивает показание его способности выполнять работу и определять, относится ли это взрывчатое вещество к высокой или к низкой бризантности. Данное значение может быть примерно вычислено как показано в Таблице 18:

$P_{det} = 2.5 \cdot V_d \cdot (D/0.0000001)$	P_{det} = Давление детонации (ГПа) V_d = Скорость детонации взрывчатого вещества (м/с) D = Плотность (г/см ³)
---	---

Таблица 18: Давление детонации

7.2 Тротильный эквивалент

Большинство уравнений воздушной ударной волны и импульса дают прогнозы для тротила, и поэтому желательно преобразовывать взрывную массу в массу заряда в тротильном эквиваленте.

$M_{TNTe} = (E_{exp}^d / E_{TNT}^d) \cdot M_{exp}$	M_{TNTe} = Масса в тротильном эквиваленте (кг) E_{exp}^d = Конкретная детонационная энергия взрывчатого вещества (Дж/кг) E_{TNT}^d = Конкретная детонационная энергия тротила (Дж/кг) M_{exp} = Масса взрывчатого вещества (кг)
--	--

Таблица 19: Тротильный эквивалент

Таблица 20 содержит предварительно вычисленные факторы тротильного эквивалента для целого ряда взрывчатых веществ высокой мощности. Данные вычисления имеют достаточную точность для целей проектирования.

Взрывчатое вещество	Масса тротильного эквивалента		Диапазон давления (МПа)
	Пиковое давление	Импульс	
Аммотол	0.99	0.98	
Композиция В	1.11	0.98	0.035 - 0.350
Композиция С3	1.08	1.01	0.035 - 0.350
Композиция С4	1.37	1.19	0.070 - 0.700
Октоген	1.02	1.03	Приблизительно

Взрывчатое вещество	Масса тротилового эквивалента		Диапазон давления (МПа)
	Пиковое давление	Импульс	
Октол 75/25	1.06	1.06	Приблизительно
Пентрит	1.27	1.11	0.035 - 0.700
Гексоген	1.14	1.09	Приблизительно
Гексоген / тротил 60/40 (Циклотол)	1.14	1.09	0.035 - 0.350
Тетрил	1.07	1.05	0.021 - 0.140
Тротил	1.00	1.00	Стандартный
Тритонал	1.07	0.96	0.035 - 0.700

Таблица 20: Тротиловый эквивалент

8 Баллистика

8.1 Скорость разлета осколков

Уравнения Гёрни¹⁴ являются целым рядом формул, используемых в проектировании взрывчатых веществ для прогнозирования того, как быстро взрывчатое вещество будет ускорять окружающий его слой металла или другого материала при детонации взрывчатого вещества. Это определяет насколько быстро высвобождаются осколки при детонации единицы боеприпаса. Это значение начальной скорости разлета осколков может быть использовано в других уравнениях баллистики для прогнозирования либо опасных зон, либо проникновения осколков.

<p>Уравнение цилиндрического заряда¹⁵</p> $(V/\sqrt{2E}) = ((M/C_{\text{exp}}) + 1/2)^{-1/2}$ <p>Уравнение сферического заряда¹⁶</p> $(V/\sqrt{2E}) = ((M/C_{\text{exp}}) + 3/5)^{-1/2}$	<p>V = Начальная Скорость осколков (м/с) $\sqrt{2E}$ = Постоянная величина Гёрни для данного взрывчатого вещества (м/с) M = Масса осколка (кг)¹⁷ C_{exp} = Масса взрывного заряда (кг)</p>
--	---

Таблица 21: Уравнения Гёрни¹⁸

Постоянная величина Гёрни $\sqrt{2E}$ обычно близка к 1/3 скорости детонации взрывчатого вещества. Таблица 22 содержит постоянные величины Гёрни для дальности взрывчатых веществ высокой мощности.¹⁹

¹⁴Гёрни, Р. В. Начальные скорости осколков от бомб, снарядов и гранат, BRL-405. Лаборатория исследования баллистики, испытательный полигон Аберден, Мэриленд, США. 1943 год.

¹⁵ Приближение первого порядка для большинства артиллерийских снарядов высокой мощности, минометных снарядов и боеголовок управляемых ракетных снарядов.

¹⁶ Для боевых гранат и некоторых малых кассетных боеприпасов.

¹⁷ Для артиллерийского снаряда это, как правило, является основой, относительно которой выполняется вычисление массы от общей массы тела.

¹⁸ Существуют другие уравнения Гёрни для симметрических, асимметрических, развернутых и бесконечно сплюснутых "слоеных пирогов". Они не входят в сферу охвата этого модуля МТРБ и посему не были включены.

¹⁹ Величины плотности и скорости детонации являются приблизительными из-за варьирования взрывчатых смесей.

Взрывчатое вещество ²⁰	Плотность (кг/м ³)	Скорость детонации ²¹ (м/с)	Постоянная величина Гёрни $\sqrt{2E}$ (м/с)
Композиция В	1.61	7,620	2,774
Композиция С4	1.71	8,200	2,530
Октоген	1.91	9,100	2,972
Октол 75/25	1.81	8.640	2,896
Пентрит	1.78	8,260	2,926
Гексоген	1.81	8,700	2,926
Гексоген / тротил 60/40 (Циклотол)	1.68	7,800	2,402
Тетрил	1.71	7,570	2,499
Тротил	1.61	6,900	2,438
Тритонал	1.70	5,480	2,316

Таблица 22: постоянные величины Гёрни

8.2 Простое вычисление дальности разлета осколков²²

Простое уравнение для прогнозирования дальности разлета осколков дается в Таблице 23, но так как оно не отражает каких-либо характеристик боеприпасов, а также не учитывает сопротивление, его следует использовать с большой осторожностью:

$R = (V_0/g) \cdot \sin 2\theta$	<p>R = Дальность (м) V_0 = Начальная Скорость осколков (м/с) g = Земное притяжение (м/с²) θ = Угол запуска (в радианах)</p>
----------------------------------	--

Таблица 23: простое прогнозирование дальности

Более точные прогнозы основываются на целом ряде комплексных баллистических уравнений²³ в связи с большим числом задействованных переменных.²⁴ Поэтому более детальный анализ дальности следует применять только квалифицированным персоналом, и по этой причине он не разбирается подробно в этом модуле МТРБ.

²⁰Подробная информация о широком спектре взрывчатых веществ может быть найден в приложении "eXdata".

²¹Скорость детонации может варьироваться в зависимости от применяемой методологии для ее вычисления. В этой колонке приводятся примеры.

²² См. Техническое руководство по разминированию (ТРПМ) 10.20/01 *Вычисление опасных зон взрыва* (Версия 2.0). Женева. ЖМЦГР. Дополнительная информация по их применению находится здесь.

²³Сопротивление воздуха, замедление осколков, разлет осколков Мотта, и т. д.

²⁴ Например: 1) размер осколка; 2) форма осколка; 3) плотность материала; 4) начальная скорость; 5) коэффициент сопротивления воздуха; 6) воздействие земного притяжения; 7) устойчивость баллистического полета; 8) состав цели, и т. д.

9 Простые безопасные расстояния дальности²⁵

9.1 Базовые уравнения

Следующие простые безопасные расстояния могут быть использованы для вычисления дальности опасных зон при планировании уничтожения боеприпасов посредством открытого подрыва. Эти параметры могут быть использованы для "быстрого планирования" на подрывных полигонах в существующих зонах опасности. При применении их на подрывных участках без официальных зон опасности, пользователю следует помнить, что расстояние, получаемое на основании этих уравнений является внешним расстоянием, которое не превышает ожидаемой дальности разлета одного осколка. Эти расстояния НЕ являются абсолютно безопасными.

<p><i>Для дробящихся на осколки боеприпасов, при возможном доступе для населения на участок проведения подрыва.</i> $D = 634(AUW)^{1/6}$</p> <p><i>Для дробящихся на осколки боеприпасов при закрытом доступе для населения на участок проведения подрыва.</i> $D = 444(AUW)^{1/6}$</p> <p><i>Только для чистых взрывчатых веществ.</i> $D = 130(AUW)^{1/3}$</p>	<p>D = Расстояние (м) AUW = Целевой вес боеприпасов или чистых взрывчатых веществ (кг)</p>
--	--

Таблица 24: Простые безопасные расстояния полигона

9.2 Базовые уравнения (альтернативные)

Австралийская организация оборонной науки и технологий (АООНТ) [DSTO] провела исследование многопредметного подрыва боеприпасов и взрывчатых веществ в марте 1997 года. Организацией было сделано заключение о том, что опасные зоны разлета осколков для многопредметных подрывов могут быть сокращены до аналогичного значения одиночного боеприпаса с наибольшей массой нетто взрывчатого вещества в проведенном подрыве. Результаты, показанные в уравнении Таблицы 25 сопоставляются в положительную сторону с результатами для уравнения с *ограниченным доступом населения* в Таблице 24:

- И изделия разложены в ряд а НЕ штабелем;
- И изделия детонировали одновременно; а также
- И изделия размером ПРЕВЫШАЮТ расстояние диаметра одного заряда.

<p>$D = 370(AUW)^{1/5}$</p>	<p>D = Расстояние (м) AUW = Целевой вес боеприпасов или чистые взрывчатые вещества (кг)</p>
---	---

Таблица 25: Безопасные расстояния простого полигона (альтернативные)

²⁵Эти уравнения основаны на работе, проведенной г-ном Пилгримом, из компании AWE Foulness, Великобритания. Оборонное предприятие "Кинетик" (QinetiQ) использует производные этих уравнений в своей испытательной работе. Эта информация была получена из документа МО Великобритании KGH/Организации службы безопасности по опасным зонам, 31 июля 1990 года.

9.3 Зоны вертикальной опасности

Уравнения для вычисления зон вертикальной опасности необходимы для предупреждения движущегося воздушного транспорта о происходящих подрывных работах, которые несколько отличаются от статей 9.1 и 9.2, так как нет необходимости принимать во внимание баллистическую параболу.

<p><i>Только для единичного изделия боеприпасов.</i> $D = 314(AUW)^{1/3}$</p> <p><i>Для многопредметных дробящихся на осколки изделий военного снаряжения.</i> $D = 470(AUW)^{1/5}$</p>	<p>D = расстояние (м) AUW = Цельный вес боеприпасов или чистые взрывчатые вещества (кг)</p>
---	---

Таблица 26: Вертикальные зоны опасности

9.4 Простое прогнозирование шума

Следующее уравнение²⁶ может быть применено для прогнозирования расстояния, на котором может быть достигнута величина звука в 140дБ²⁷:

$D = 215 (M_{\text{exp}})^{1/3}$	<p>D = Расстояние (м) M_{exp} = Масса взрывчатого вещества (кг)</p>
--	---

Таблица 27: простое прогнозирование шума

10 Воздействие на строения

Прогнозирование воздействия вооружений на строения является комплексной задачей по причине большого числа связанных с этим переменных²⁸ и воздействия, оказываемым этими переменными на реакцию строения от ударной нагрузки.

10.1 Воздушный удар

Грубые подсчеты структурных повреждений, обусловленных воздушной ударной волной могут быть получены на основании рассчитанных опытным путем моделей, основанных на анализе данных нештатных ситуаций, испытаний и повреждений в результате военных действий. Этот анализ соотносит структурные повреждения с расстоянием от взрывов и массой задействованного заряда.

Более обширные данные доступны для кирпичных строений в связи с тем, что изучение проходило во время Второй мировой войны. Были разработаны категории повреждений вызванных взрывом для кирпичных зданий²⁹ которые могут быть использованы в анализе последствий взрыва для наглядного отображения потенциальной разрушительности воздействия нежелательного взрыва:

²⁶ Источник: Оборонное предприятие "Кинетик" (QinetiQ) Шоберинесс, Великобритания. 1999.

²⁷ Максимально допустимый уровень шума ЕС для одиночного события.

²⁸ Например: 1) тип строения; 2) прочность материала строения, эластичность и податливость; 3) структурная реакция на нагрузку ударной волны; 4) воздействие нагрузки преломления; 5) воздействие нагрузки сопротивления воздуха; 6) ориентация здания на нагрузку ударной волны; 7) местная топография и т. д.

²⁹ С помощью следующих работ: 1) *Силли Н. Ф. и Хай В. Г.* Воздействие воздушной ударной волны взрывов. Предотвращение потерь и способствование обеспечению безопасности 5. 1986; а также 2) *Джаретт Д. Е.* Расчет безопасных расстояний от взрывов в Великобритании. Анналы Нью-Йоркской академии наук, 152, Статья 1. 1968 год.

Категория	Определения	Примечания
A	Здания полностью уничтожены.	▪
B	Здания повреждены настолько, что не подлежат восстановлению и требуют сноса.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Уничтожено 50% - 75% внешней кирпичной кладки. ▪ Оставшиеся стены имеют масштабные трещины и не подлежат восстановлению.
C_B	Здания приведенные в негодность для проживания, которые возможно восстановить при помощи капитальных ремонтных работ.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Частичное или полное обрушение кровли. ▪ Частичное разрушение стен до 25% общего объема. ▪ Серьезные повреждения несущих перегородок, требующие сноса и замены.
C_A	Здания приведенные в негодность для проживания, которые возможно восстановить достаточно быстро.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Не превышают незначительных структурных повреждений. ▪ Перегородки и стропильная система сорваны с креплений.
D	Здания требующие восстановительных работ для исправления серьезных неудобств, но остаются пригодными для проживания.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Повреждения потолка и облицовки. ▪ Незначительные воздействия осколков на стены и остекление.

Таблица 28: Категории повреждений кирпичных зданий

Анализ данных, используемых для выведения Таблицы 28 привел к полученной опытным путем формуле для расчета диапазона разрушений.

$R_x = (K_x \cdot M_{\text{exp}}^{1/3}) / (1 + (3175/M_{\text{exp}})^2)^{1/6}$	<p>R_x = Диапазон уровня разрушений "x" (м) K_x = Постоянная величина для уровня разрушений "x" (См. Таблицу 29) M_{exp} = Масса взрывчатого вещества (кг)</p>
--	---

Таблица 29: Расчет диапазона разрушений для зданий

Значения для K_x были первоначально получены *Джареттом*, которые впоследствии пересмотрели *Гилберт, Лис и Силли*.³⁰ Пересмотренные значения принимают во внимание фактор оболочки, который является степенью передаваемой энергии начальным осколком оболочки, тем самым снижая имеющуюся энергию воздушной ударной волны.

K_x для категории повреждения	Джаретт	Гилберт, Лис и Силли
A	3.8	4.8
B	5.6	7.1
C_B	9.6	12.4
C_A	28.0	21.3
D	56.0	42.6

Таблица 30: Факторы "K" для таблицы 29

³⁰Гилберт С. М., Лис Ф. П. и Силли Н. Ф. Модель оценки опасности взрыва от транспортного средства с взрывчатыми веществами в районе застроенного населенного пункта. Протокол совещания 26-го семинара совета по вопросам взрывной безопасности Департамента обороны США. Майами. США. 1994 год.

10.2 Разлет осколков

Масштабы до которых осколки проникнут в строения при столкновении с ними зависит от целого ряда переменных,³¹ вследствие чего это приводит к очень сложным выражениям для каждого возможного случая. Эти выражения получены опытным путем для определенных комбинаций строительных материалов и осколков. Поэтому прогнозирование нанесенных осколками структурных повреждений на основании гипотетических взрывов не может быть легко произведено без доступа к целому ряду данных. Эти данные, как правило, находятся у военных, и, следовательно, засекречены.

Пример, показанный в Таблице 31 относится к глубине проникновения плоских цилиндрических осколков, сталкивающихся с бетоном. Он может быть использован в АПВ в качестве примера повреждений, которые следует ожидать относительно современных строений.

$x = (2.74 \cdot 10^{-5} \left(\left(\frac{D \cdot d^{1/5}}{s} \right)^{1/2} \cdot V^{1.8} \cdot 4d^2 \right)^{1/2}$ <p style="text-align: center;"><i>Для $x/d < 2$</i></p> $x = 2.74 \cdot 10^{-5} \left(\left(\frac{D \cdot d^{1/5}}{s} \right)^{1/2} \cdot V^{1.8} \cdot d + d \right)$ <p style="text-align: center;"><i>Для $x/d > 2$</i></p>	<p>x = Глубина проникновения осколков (м) d = Диаметр осколков (м) D = Плотность осколков (кг/м³) s = Прочность бетона на сжатие (Па) V = Скорость полета осколков (м/с)</p>
---	---

Таблица 31: Структурное проникновение (бетон против цилиндра плоской поверхности)

10.3 Наземная ударная волна

Наземная ударная волна может пониматься как вибрационная волна, движущаяся по земле. Эта волна принимает форму синусоидной волны и, следовательно, амплитуда становится параметром характеристики.

$A = x \cdot \left(\frac{K/M_{\text{exp}}^{1/2}}{D} \right)$	<p>A = Амплитуда (м) x = Постоянная величина M_{exp} = Масса взрывчатого вещества (кг) K = Постоянная величина³² D = Расстояние (м)</p>
---	--

Таблица 32: Расчет наземной ударной волны³³

Здания прочной конструкции вряд ли будут повреждены амплитудами мене, чем 2×10^{-4} м в то время, как здания более уязвимой конструкции должны остаться неповрежденными, если амплитуда остается 8×10^{-5} м.

Был разработан показатель повреждений³⁴ который соотносит массу взрывчатых веществ с типом грунта:

$\phi = M_{\text{exp}}/R^{3/2}$	<p>φ = Показатель повреждений M_{exp} = Масса взрывчатых веществ (кг) R = Дальность (м)</p>
---------------------------------	---

Таблица 33: Показатель повреждений

³¹ Например: 1) прочность строительного материала, податливость и эластичность; 2) скорость разлета осколков; 3) форма осколков при ударе; 4) масса осколка; 4) прочность материала осколка, податливость и эластичность, и т. д.

³² Значение K обратно пропорционально жесткости грунта.

³³ Примеры значений x и K могут быть найдены в труде *Бэйкера В. Е. и др.*, Опасности взрыва и оценка. Издательство "Эльсевьер". Амстердам. 1983 год.

³⁴ *Лансфорс У и Килсторм Б.* Современная техника подрыва скальных пород. Третье издание. AWE/GERBERS. Швеция. 1978 год.

Для строений, построенных на мягком каменном основании, проявление основных раскалывающих повреждений можно ожидать при значениях ϕ в $1.0 \text{ кг.м}^{3/2}$ тогда, как для строений, поставленных на более жестком каменном основании, ожидаемая степень повреждений может быть меньше значения ϕ в $0.25 \text{ кг.м}^{3/2}$.

11 Воздействие на людей

Существует три формы причинения вреда здоровью людей воздушной ударной волной: 1) первичная; 2) вторичная; а также 3) третичная.

- a) Первичные телесные повреждения ударной волной вызваны непосредственным воздействием ударной волны на организм. Наиболее распространенными повреждениями являются разрыв барабанной перепонки и кровоизлияние легких;
- b) Вторичные телесные повреждения ударной волной вызваны прямыми последствиями повреждений зданий или строений. Они включают в себя тупые травмы, рваные раны, удушье и раздавливание;
- c) Третичные телесные повреждения вызваны движением тела, обусловленным ударной волной. Они включают в себя смещение органов или увечья, причиненные ударом, когда тело отбрасывается на жесткие поверхности.

11.1 Индивидуальный риск

Риск определяется как "вероятность умноженная на последствия" и, при измерении в количественном отношении может быть использован в поддержку оценки риска в количественном отношении (ОРКО), где индивидуальный риск смертельного исхода (ИР) в результате нежелательного взрыва сопоставляется с "допустимым риском" других видов деятельности или промышленных процессов. Поэтому, годовое значение ИР может быть определено следующим образом:

$IP = P_e \times P_{fie} \times E_p$	P_e = Количество случаев в год P_{fie} = Вероятность смертельного исхода ³⁵ E_p = Вероятность подверженности опасности
--------------------------------------	---

Таблица 34: Годовой индивидуальный риск (ИР) смертельного исхода

11.2 Первичные уровни увечий ударной волны

Эти уровни следует вычислять на основании следующих параметров:

- a) Использовать формулу *Кингари* для вычисления избыточного давления воздушной ударной волны на полигоне; а также
- b) Сравнить избыточное давление воздушной ударной волны по отношению к уровням порога увечий, полученных на основании кривых *Боуэна*³⁶, (34,5 кПа для повреждения слуха, 207 кПа для повреждений легких и 690 кПа для смертельного исхода).

Альтернативной методологией является использование модели КВХТВВ³⁷ ударной волны под открытым небом, которая основана на обзоре имеющейся в наличии литературы о первичном и третичном воздействии воздушной ударной волны.³⁸

³⁵ Для человека, подвергающегося непрерывному воздействию.

³⁶ *Боуэн*. Вычисление переносимости человеком прямого воздействия воздушной ударной волны. Октябрь 1968 года.

³⁷ Комитет Великобритании по хранению и транспортировке взрывчатых веществ.

$P_{\text{fatality}} = (e^{(-5.785 \cdot (R / M^{1/3}) + 19.047)}) / 100$	P_{fatality} = Вероятность смертельного исхода e = В геометрической прогрессии R = Дальность (м) $M^{1/3}$ = Корень кубический взрывной массы (кг)
---	--

Таблица 35: Модель KBXTBV ударной волны под открытым небом

Модель KBXTBV является действительной только в пределах масштабированного расстояния "S" ($S = R/M^{1/3}$), где $2.5 \text{ м.кг}^{1/3} < S < 5.3 \text{ м.кг}^{1/3}$. Для $S > 5.3 \text{ м.кг}^{1/3}$ вероятность смертельного исхода равняется нулю, в то время как для $S < 2.5 \text{ м.кг}^{1/3}$ следует ожидать 100% вероятности смертельного исхода.

11.3 Вторичные уровни увечий ударной волны

Гилберт, Лис и Силли разработали значения вероятности для людей, находящихся в зданиях, подверженных смертельным, тяжелыми или легким телесным повреждениям. Эти значения показаны в таблице 36.³⁹

Категория повреждений	Определение повреждения	Вероятность (Смертельный исход)	Вероятность (Смертельный исход или тяжелые телесные повреждения)	Вероятность (Смертельный исход, тяжелые телесные повреждения или легкие повреждения)
		P(K)	P (K + I)	P (K + SI + LI)
A _a	Здания полностью уничтожены.	0.96	1.0	1.0
A _b	Здания почти полностью уничтожены.	0.57	0.66	0.82
A	Здания уничтожены.	0.62	0.71	0.84
B	Здания повреждены настолько, что не подлежат восстановлению и требуют сноса.	0.096	0.15	0.38
C _b	Здания приведенные в негодность для проживания, но которые возможно восстановить при помощи капитальных ремонтных работ.	0.009	0.043	0.13
C _a	Здания приведенные в негодность для проживания, которые возможно восстановить достаточно быстро.	0	0.002	0.006
D	Здания требующие восстановительных работ для исправления серьезных неудобств, но которые остаются пригодными для проживания.	0	0	0

Таблица 36: Значения вероятности для вторичных телесных повреждений

³⁸ См. Главу 3 *Исполнительного руководителя по здравоохранению и безопасности*, выбор и использование моделей воздействия и последствий взрыва для взрывчатых веществ. HSE. Великобритания. 2000 год.

³⁹ Эти уровни равны уровням повреждений в таблице 29, с добавлением значений A_a для полного уничтожения и A_b для почти полного уничтожения.

12 Подземное хранение

Приложение М модуля МТРБ 02.20 *Количественные и разделительные расстояния*, содержит формулы, которые следует применять для расчета или вычисления количественных и разделительных расстояний для подземного хранения. Здесь они повторяются для завершенности формулы МТРБ.

$IBD = 77 \times H_D \times LD^{1/3}$	Где: H_D = Гидравлический диаметр устья туннеля $LD^{1/3}$ = Плотность нагрузки ($кг/м^3$)
$H_D = 4A/C$	Где: A = Площадь поперечного сечения входа в туннель ($м^2$) C = окружность входа в туннель (м)
$LD^{1/3} = \frac{NEQ}{(V_{ch} + V_{tunnel})}$	V_{ch} = Объем камеры ($м^3$) V_{tunnel} = Объем туннеля ($м^3$)

Таблица 37: Удаление от жилого здания (УЖЗ) (ударная волна из штольни туннеля) ⁴⁰⁴¹

$D = 27.4 \times H_D \times LD^{1/3}$	Как указано выше
---------------------------------------	------------------

Таблица 38: Расстояние от цеха переработки (РЦП) (ударная волна из штольни туннеля)

⁴⁰ Расстояние в безосевом направлении может быть сокращено с использованием фактора умножения (ФУ), которое должно быть получено из формулы $ФУ = 1 / (1 + (\theta/56)^2)^{0.76}$, где θ является углом от линии центра туннеля в градусах.

⁴¹ Это простое приблизительное значение. Более точная методология находится в AASPT-1, глава 3, статьи 3.3.4.1 (b) и (c).

Приложение А (нормативное) Ссылки

Следующие нормативные документы содержат положения, которые, посредством ссылки в этот текст, составляют положения этой части руководства. В отношении датированных ссылок последующие правки или редакции к любой из этих публикаций не применяются. Тем не менее, сторонам соглашения на основании этой части справочного руководства рекомендуется исследовать возможность применения самых последних редакций нормативных документов, приведенных ниже. В отношении недатированных ссылок применяется самая последняя редакция нормативного документа. Члены ИСО хранят реестры действующих на данный момент ИСО или ЕС:

- а) МТРБ 01.40:2015[E] *Термины, глоссарий и определения*. УВР ООН. 2015 год.

Следует использовать самую последнюю версию/редакцию этих ссылок. Управление Организации Объединенных Наций по вопросам разоружения (УВР ООН) хранит копии всех ссылок⁴² используемых в этом справочном руководстве. Реестр самой последней версии/редакции Международного технического руководства по боеприпасам хранится в УВР ООН и может быть прочитан на веб-сайте МТРБ по адресу: www.un.org/disarmament/un-safeguard/. Национальные органы власти, работодатели и другие заинтересованные органы и организации должны получить их копии перед запуском программ управления запасами обычных боеприпасов.

⁴² Там, где это позволяет авторское право.

Приложение В (информативное) Ссылки

Следующие информативные документы содержат положения, с которыми также следует сверяться для консультативной информации, чтобы получить дополнительную справочную информацию в отношении содержания этого руководства:

- a) Опасности взрыва и оценка. *Бэйкер В. Е. и др.* Издательство Эльсевьер (ISBN 0 444 42094 0). Амстердам. 1983 год;
- b) МТРБ 02.10:2015[E] *Введение в принципы и процессы управления риском.* УВР ООН. 2015 год;
- c) *Выбор и применение воздействия взрыва и моделей последовательности для взрывчатых веществ.* Институт здоровья и безопасности Великобритании. (ISBN 0 7176 1791 2). Великобритания. 2000; а также
- d) Техническое руководство по разминированию (ТРПМ) 10.20/01 *Вычисление опасных зон взрыва* (Версия 2.0). Женева. ЖМЦГР.

Следует использовать самую последнюю версию/редакцию этих ссылок. Управление Организации Объединенных Наций по вопросам разоружения (УВР ООН) хранит копии всех ссылок⁴³ используемых в этом руководстве. Реестр самой последней версии/редакции Международного технического руководства по боеприпасам хранится в УВР ООН и может быть прочитан на веб-сайте МТРБ по адресу: www.un.org/disarmament/un-safeguard/. Национальные органы власти, работодатели и другие заинтересованные органы и организации должны получить их копии перед запуском программ управления запасами обычных боеприпасов.

⁴³ Там, где это позволяет авторское право.

