

Рис. 2. Изолинии чисел Маха скорости потока в диффузоре с оптимизированной геометрией

В заключение следует отметить, что моделирование трехмерного вязкого потока газа в выходном диффузоре транспортной микротурбины позволило провести анализ течения газа и осуществить оптимизацию геометрии диффузора заданной степени расширения в условиях ограниченной возможности варьирования габаритными размерами диффузора с целью минимизации потерь в нем и достижения высокого мощностного КПД тяговой турбины.

#### Библиографические ссылки

1. Тенденции развития специальных колесных шасси и тягачей военного назначения / В. А. Полонский, В. В. Шипилов, А. П. Поскачей, А. А. Шелест, С. И. Малинин, П. Д. Кравченко // Инф.-техн. сборник. – Бронницы : 21 Науч.-иссл. исп. ин-т Минобороны России, 2007. – С. 417.
2. Turbine to Power Series-Hybrid Car / S. a. // Mechanical Engineering. – 1997. – Vol. 119. – No. 6. – Pp. 12–13.1.

Получено 23.10.2014

3. Кустарев Ю. С., Костюков А. В., Плыкин М. Е. Повышение эффективности газотурбинных установок // Изв. Моск. гос. техн. ун-та «МАМИ». – 2009. – Т. 1. – № 2. – С. 31–38.
4. Аэродинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин / А. Ш. Дорфман, М. М. Назарчук, Н. И. Польский, М. И. Сайковский. – Киев : Изд-во АН УССР, 1960. – С. 188.
5. Дейч М. Е., Зарянкин А. Е. Газодинамика диффузоров и выхлопных патрубков турбомашин. – М. : Энергия, 1970. – С. 384.
6. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М. : Машиностроение, 1975. – С. 559.
7. Зандер М. С., Семакина Е. Ю., Черников В. А. Экспериментальные и численные исследования структуры 3D-потока в отсеке «турбинная ступень – осевой диффузор» // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2013. – № 166. – С. 197–203.
8. Uribe J. C., Revell A., Moulinec C. Computation of Flow in a 3D Diffuser Using a Two-Velocity Field Hybrid RANS/LES // Notes on Numerical Fluid Mechanics. – 2010. – Vol. 110. – Pp. 385–391.

УДК.622.61

- И. Т. Севрюков**, доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, Москва  
**В. В. Ильин**, кандидат технических наук, доцент, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ  
**В. В. Козлов**, доктор технических наук, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ, Пермский институт экономики и финансов  
**В. И. Ладанов**, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

## К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

**В** настоящее время одной из важнейших проблем в мире является проблема обеспечения безопасности в техногенной сфере. События последнего времени наглядно показали всему человечеству, что научно-технический прогресс несет не только благо. Увеличение интенсивности и повышение эффективности деятельности человека непременно связаны с появлением новых опасностей, а также ростом негативных техногенных событий и терроризма. В обществе растет беспокой-

ство по поводу растущей аварийности объектов техносферы. Причины чрезвычайных ситуаций в техногенной сфере могут быть самыми разнообразными. В любом случае, независимо от первопричины эти ситуации обязательно имеют свои последствия, поскольку они требуют мобилизации финансовых и материальных ресурсов, ведут к прекращению или дезорганизации функционирования объектов, в ряде случаев требуют эвакуации населения.

Характерной особенностью последствий террористических актов с использованием обычных средств поражения на потенциально опасном объекте является то, что возникшая в результате ее локальная или местная чрезвычайная ситуация может затем трансформироваться в региональную или трансграничную. Для ликвидации таких последствий террористических акций потребуются привлечение значительных людских ресурсов, специалистов медицинского профиля, а также колоссальных материальных затрат.

Взрывчатые и химические вещества, боеприпасы, безусловно, являются источником техногенной опасности, и возникновение происшествий в ходе их хранения и транспортировки – это следствие появления и развития причинной цепи предпосылок, приводящих к потере управления процессом, высвобождению энергии взрыва и воздействия ее на людей, оборудование и окружающую среду. Инициаторами и составными звеньями причинной цепи происшествия являются ошибочные и несанкционированные действия людей, неисправности и отказы используемой техники, а также нерасчетные внешние факторы, такие как терроризм.

Терроризм на современном этапе приобрел международный, глобальный характер. Если сравнительно недавно о терроризме можно было говорить как о локальном явлении, то сейчас неоспоримо можно утверждать, что глобализация и все более широкая интернационализация терроризма – это факт, перед которым оказалось человечество. В России терроризм превратился в реальный жизненный фактор. Его основными источниками являются этнические конфликты, рост преступности, социальное расслоение населения.

Актуальность защиты потенциально опасных объектов от возможных террористических атак неуклонно возрастает. В связи с расширением технической оснащенности террористов, совершенствованием способов и методов противоправных действий требуется постоянное совершенствование мероприятий по защите объектов. Одним из важнейших звеньев в обеспечении безопасности объектов является система физической защиты (СФЗ) объекта. Современная СФЗ – сложная система взаимодействия человека и технических средств, анализ и проектирование которой требует системного и научного подхода.

Техническую часть системы составляет комплекс инженерно-технических средств физической защиты, который включает в себя:

- инженерные средства (физические барьеры, защитно-оборонительные сооружения и т. д.);
- комплекс технических средств физической защиты (систему сетевого компьютерного управления, систему обнаружения и защиты от проникновения, систему связи и телекоммуникаций и т. д.).

В настоящее время террористы используют в основном стрелковое оружие, взрывчатые вещества и боеприпасы различного назначения, а также тяжелое стрелковое вооружение. Сопоставление пора-

жающих факторов перечисленных средств поражения разрушительного (фугасного, осколочного, кумулятивного, бронебойного) и зажигательного действий позволяет сделать вывод о том, что возможны различные сочетания видов поражающего действия средств поражения: фугасно-зажигательные, осколочно-фугасные, осколочно-зажигательные, бронебойно-зажигательные, бронебойно-фугасные, кумулятивно-осколочные и др.

Определим систему многофакторного поля поражения (МФПП) как непустое множество объектов (поражающих факторов), между которыми установлены некоторые отношения. Таким образом, в системе МФПП набор поражающих факторов рассматривается как целостное единство, обладающее интегративными свойствами и противостоящее окружению или среде. Рассматриваемая система МФПП может быть представлена кортежем:

$$C = C(I, R, A^{(S)}, A^{(RS)}, A^{(SR)}), \quad (1)$$

где  $I = \{S_1, \dots, S_p\}$  – множество поражающих факторов системы;  $R = \{R_1, \dots, R_q\}$  – множество внешних элементов системы;  $A^{(S)}$  – все  $n$ -парные отношения между поражающими факторами;  $A^{(RS)}$  и  $A^{(SR)}$  – все  $n$ -парные отношения между элементами множеств  $I$  и  $R$ .

Поле поражения является своего рода характеристикой средства поражения. Известно, что название средства поражения характеризует поражающий или поражающие факторы. Например, осколочный снаряд обладает основным поражающим фактором – осколками корпуса (готовые поражающие элементы), или кумулятивный снаряд обладает поражающим фактором – металлическая кумулятивная струя. Однако кроме основных поражающих факторов эти боеприпасы в то же время обладают второстепенными поражающими факторами: осколочный снаряд обладает фугасным действием (поражающий фактор – ударная волна и продукты взрыва), а кумулятивный снаряд – фугасным и осколочным действием. Следовательно, функциональное название средства поражения определяет основные поражающие факторы  $V_j$ . Таким образом, многофакторное поле поражения представляет множество вариантов полей поражения, которое может быть отражено списком качественных признаков. Многофакторное поле поражения формируется сочетанием видов действия, и общее количество вариантов определяется выражением [1]

$$N = \sum_{i=1}^j C_j^i - (j+1) = C_j^1 + C_j^2 + \dots + C_j^j - j, \quad (2)$$

где  $N$  – количество различных сочетаний поражающих факторов;  $C_j^i$  – число сочетаний из  $j$  по  $i$ .

Выбор параметров поля поражения применяемого средства поражения  $R_j$  осуществляется с учетом

наличия доступной информации о поражающих факторах  $V_j$ .

Вопрос минимизации последствий воздействия многофакторного поля поражения на объекты военной, химической и атомной промышленности в настоящее время стоит очень остро.

Совместно с ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Пермский военный институт МВД РФ проводит исследования по изучению материаловедческих аспектов (структуры, физико-механических свойств) синтезированных синтетических минеральных сплавов (сминалов) при статических и ударно-динамических испытаниях, которые можно использовать в качестве пассивной защиты потенциально опасных объектов. Характерной особенностью сминалов является то, что под воздействием поражающих факторов они имеют тенденцию к разрушению полностью или частично, поглощая энергию баллистических поражающих элементов и кумулятивной струи.

Из добываемого из недр сырья только 10 % превращается в готовую продукцию, а 90 %, включая вскрышные породы и шлаки, уходит в техногенные образования. В районах горно-металлургических предприятий, особенно на Урале и в Приуралье, сформировался класс техногенных месторождений. Предложена технология переработки нерудных техногенных ресурсов Уральского региона для получения новых материалов – сминалов – и изготовление из них изделий специального функционального назначения.

Таблица 1. Пулестойкость сминалов

Характеристики средств поражения и условия испытаний	Средство поражения			
	Пистолет Макарова (ПМ)	Автомат АК-74	Снайперская винтовка СВД (1)	Снайперская винтовка СВД (2)
Индекс патрона	9-мм пистолетный патрон 57-Н-181С с пулей Пст	5,45-мм патрон 7Н6 с пулей ПС	7,62-мм патрон 57-Н-323С с пулей ЛПС	7,62-мм патрон 7-Б3-3 с пулей Б-32
Тип сердечника	Стальной	Стальной	Стальной	Специальный
Масса, г	5,9	3,4	9,6	10,4
Скорость, м/с	305-325	890-910	820-840	800-835
Дистанция, м	5	7	7	7
Результат	Нет пробития	Нет пробития	Нет пробития	Нет пробития

Выявлены особенности деформации и разрушения синтетических минеральных сплавов по пилообразным зависимостям диаграмм напряжения. Предложен механизм деформации и разрушения сминалов при статических испытаниях, обусловленный структурными преобразованиями (двойникование, поворот и сдвиг кристаллов). Образование в монокристалле областей с закономерно измененной ориентацией кристаллической структуры, то есть при действии нагрузки на образец, кристалл с измененной ориентацией начинает поворачиваться и занимать более «выгодное» положение для оказания сопротивления действующей нагрузке. В результате чего образуется микротрещина и резкий кратковременный спад напряжения, но после происходит рост

Пластины сминалов подвергались испытаниям на пулестойкость, сдвиг со сжатием, кумулятивную стойкость, изучен механизм разрушения и деформации сминалов в условиях ударно-динамических испытаний (рис. 1).

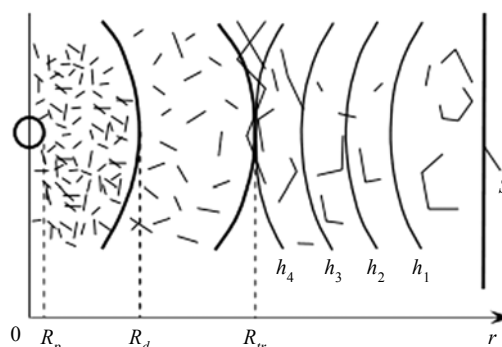


Рис. 1. Механизм разрушения и деформации сминалов в условиях ударно-динамических испытаний:  $r$  – расстояние от зоны до передней стенки образца;  $R_p$  – радиус зоны основного измельчения;  $R_d$  – радиус зоны дробления;  $R_{tr}$  – радиус зоны трещинообразования;  $h_i$  – толщина откольных зон

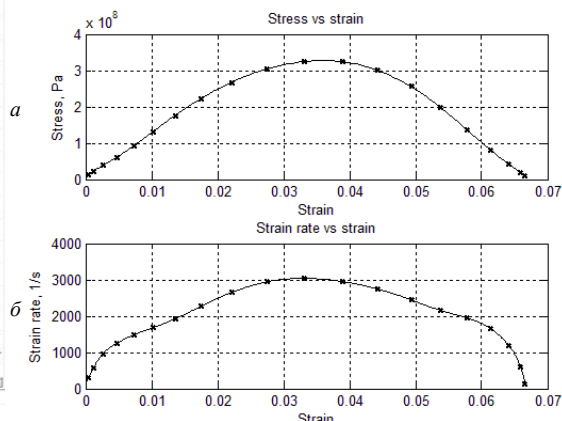
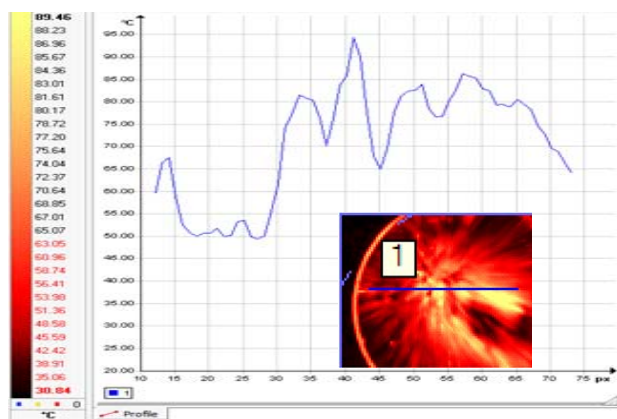
Изготовленные пластины каменного литья размером  $180 \times 120 \times 15$  мм подвергли испытаниям в реальных условиях на полигоне Пермского военного института внутренних войск МВД России в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50744-95 «Бронеодежда. Классификация и основные требования» на пулестойкость – свойство элементов броневого защиты противостоять сквозному пробитию метаемыми элементами или их фрагментами (табл. 1) [2].

нагрузки, а кристалл занимает «нужное» ориентированное положение, и образец продолжает сопротивляться действию нагрузки.

При ударном воздействии на скоростях 650...700 м/с происходит разрушение образца на фрагменты размером 0,5...1,5 мм. Разрушение сопровождается нагревом до температуры 100...120 °С. Аморфная составляющая играет роль диссипативных каналов, поглощающих и трансформирующих энергию удара поражающего элемента, т. е. в упрощенном виде структуру сминала на микроуровне можно представить в форме «сотовой конструкции», в которой между кристаллическими агрегатами располагается разветвленная сеть аморфной прослойки [3] (рис. 2).

Сравнительные физико-механические характеристики каменного литья и строительных материалов

и оценка трудо- и энергозатрат на производство материала приведены в табл. 2 и 3.



Инфракрасный образ разрушающейся тыльной поверхности при соударении стального ударника со скоростью 650 м/с и поле температур в этих областях. Максимальная температура на тыльной поверхности образца при пробивании 114° С.

a – зависимость напряжения сжатия от деформации  
b – зависимость скорости деформации от деформации

Изображение в инфракрасных лучах в процессе деформирования и разрушения образца (в период 0...0,0006 сек.)

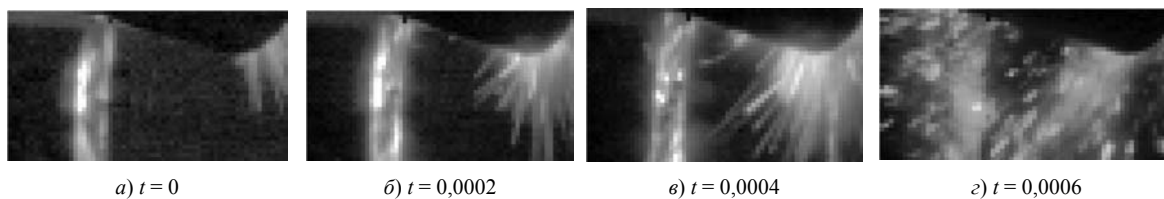


Рис. 2. Результаты испытаний симиналов при ударно-динамических нагрузках

Таблица 2. Сравнительные физико-механические характеристики каменного литья и строительных материалов

Характеристика	Каменное литье	Стекло	Чугун	Сталь	Алюминий	Дерево	Бетон	Природный камень
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2,3...3,0	2,2...2,6	7,0...8,0	7,7...7,9	2,7...2,9	0,3...1,4	0,5...2,5	2,3...2,8
Истираемость, г/см <sup>2</sup>	0,03...0,2	0,07...0,5	0,5...2,5	0,8...3,0	0,4...0,6	0,5...3	0,7...1,1	0,5...2
Коэффициент термического расширения, град <sup>-1</sup>	(2...8)·10 <sup>-6</sup>	(0,5...2)·10 <sup>-6</sup>	9,5·10 <sup>-6</sup>	(10...13)·10 <sup>-6</sup>	(8...14)·10 <sup>-6</sup>	(10...15)·10 <sup>-6</sup>	(6...8)·10 <sup>-6</sup>	(6...11)·10 <sup>-6</sup>
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	1,5...2,0	1,0...1,2	62,8	45,4	202-236	0,15	0,2...0,4	2...8
Предел прочности при сжатии, МПа	250...300	500...600	600...700	350...400	400...450	50...70	180...220	100...250
Ударная вязкость, кН/м <sup>2</sup>	1,5...3	1...1,5	20...30	50...120	100...140	30...50	2...4	2...7

Таблица 3. Сравнительная оценка трудо- и энергозатрат на производство 1 т материала

Наименование продукции	Расход условного топлива, кг	Трудозатраты, чел.-ч
Чугунное и стальное литье	1780	41,8
Железобетонные изделия	118	3,18
Каменное литье	45	4,02

Использование изделий из симиналов в качестве строительного материала для потенциально опасных объектов в средствах индивидуальной бронезащиты и в пассивной защите транспортной техники видится весьма перспективным. Кроме того, видится высокий

экономический и экологический эффект от внедрения переработки нерудных техногенных ресурсов Уральского региона для ресурсосберегающего производства новых материалов – симиналов и изделий специального функционального назначения.

**Библиографические ссылки**

1. Козлов В. В. Современное состояние исследований комбинированного внешнего воздействия на объекты технических систем : монография. – Пермь : ПВИ ВВ МВД, 2007. – 139 с.

2. Игнатова А. М., Артемов А. О. Аналитический обзор современных и перспективных материалов и конструк-

Получено 05.11.2014

ций бронепреград и защит от поражения // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 6 (ч. 1). – С. 101–105.

3. Исследование диссипативных свойств синтетических минеральных сплавов для создания на их основе броневой защиты / А. М. Игнатова, А. О. Артемов, В. В. Чудинов, М. Н. Игнатов, М. А. Соковиков // *Вестник СамГТУ*. – 2012. – № 3(35). – С. 105–112.

УДК.622.61

**В. В. Козлов**, доктор технических наук, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ, Пермский институт экономики и финансов

**И. Т. Севрюков**, доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, Москва

**В. В. Ильин**, кандидат технических наук, доцент, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

**А. Л. Погудин**, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

**В. Г. Шереметьев**, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

**КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ НА ОБЪЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Считается, что ведение военных действий все более будет концентрироваться на использовании обычных вооружений, где сверхвысокая точность при большой дальности открывает возможности для нанесения стратегических ударов обычным оружием.

Обзор работ по проблемам развития систем оружия показывает, что наиболее активно проводятся исследования по следующим направлениям.

1. В настоящее время в США активно ведутся исследования, связанные с созданием гиперзвуковых управляемых ракет, предназначенных в первую очередь для уничтожения мобильных наземных целей. Это связано с их высокой оперативностью (малым временем реакции) таких ракет, что особенно важно при поражении мобильных наземных целей, малой уязвимостью и увеличенной поражающей способностью. Использование эффективных ГСН позволит повысить точность управляемого оружия до значений менее 3 м.

2. Наряду с улучшением точностных характеристик систем наведения уделяется большое влияние разработке боевой части с высокой поражающей способностью. В боевых частях (БЧ) следует ожидать применения новых взрывчатых веществ (ВВ), обладающих пониженной чувствительностью к внешним воздействиям, например ВВ на пластмассовом связующем. Широкое применение найдут материалы с высокой энергетической плотностью. Эта проблема решается на основе применения новых высокоэнергетических ВВ и конструкционных материалов (например, магниево-алюминиевых сплавов, циркониевых элементов), повышающих энергию взрыва в 3-4 раза.

Новые технологии находят в перспективных «умных» взрывателях, которые значительно увеличива-

ют эффективность действия путем управления моментом и направлением подрыва БЧ.

3. Разработка боевых частей комбинированного поражающего действия с совмещенными зонами поражения с учетом функции уязвимости ракетных и авиационных комплексов [1, 2].

В целом результаты анализа развития средств борьбы свидетельствуют, что в обозримом будущем крупномасштабные войны с использованием ядерного оружия маловероятны, а силовое соперничество будет проявляться в локальных конфликтах с применением высокоточного оружия (ВТО) в обычном снаряжении.

В настоящее время объектами массированного применения высокоточного оружия в обычном снаряжении, как уже было отмечено, являются прежде всего объекты ракетных и авиационных комплексов – потенциальные носители ядерного оружия. Объекты авиационных и мобильных ракетных комплексов относятся к легкоуязвимым объектам и при известном местоположении являются весьма уязвимыми целями. Объекты ракетных комплексов (РК) представляют собой совокупность разнородных типовых легкоуязвимых целей, к которым можно отнести пусковые установки ракет различного класса, многоцелевые автомобили, автомобили фургонного типа и т. д., а также живая сила (обслуживающий персонал).

Анализ боевых возможностей существующих и перспективных многофакторных средств поражения и характера изменения функции уязвимости объектов ракетных и авиационных комплексов позволяет выявить закономерности влияния параметров многофакторного поля поражения на функцию уязвимости ракетных и авиационных комплексов на различных этапах их функционирования.