

$$\Delta p_1 = a \frac{(k_T \omega_3)^{1/3}}{R} + b \frac{(k_T \omega_3)^{2/3}}{R^2} + c \frac{k_T \omega_3}{R^3}; \quad (3)$$

$$I_1 = A \frac{\omega_3^{2/3}}{R},$$

где Δp_1 – величина избыточного давления ударной волны, Па; I_1 – удельный импульс ударной волны, Па · с; a, b, c – постоянные коэффициенты; ω_3 – эквивалентная масса снаряжения боеприпаса, кг; k_T – коэффициент тротилового эквивалента; A – коэффициент, зависящий от относительной высоты подрыва боеприпаса.

При взрывах человека можно рассматривать как единый объект и в качестве критерия поражения использовать критическое давление в УВ Δp^* или удельный импульс УВ I^* . Значения давления в зависимости от вероятности летального исхода приведены в табл. 5.

Таблица 5. Критическое давление поражения человека ударной волной

Вероятность летального исхода	0,99	0,75	0,50	0,25	0,10
Δp^* , кПа	500	370	320	280	250

При этом существенное влияние оказывает ориентация человека относительно падающей волны и окружающих объектов. Наибольшие повреждения при минимальных значениях давления и импульса приходящей УВ получает человек, который стоит или лежит вблизи плоской отражающей поверхно-

сти, по нормали к которой набегают взрывная волна. В США получены $\Delta p_m - I$ предельные диаграммы для различных степеней поражения органов дыхания человека в положении стоя с расположением тела вдоль фронта подходящей ударной волны. Проведенные исследования показали, что результаты воздействия ударной волны зависят от начального окружающего давления p_0 , а при импульсном нагружении – и от массы человека M [5].

Увеличение длительности фазы сжатия примерно до 10^{-1} с приводит к существенному снижению избыточного давления, необходимого для поражения ЖС. Уменьшение длительности фазы сжатия до 10^{-3} с требует повышения избыточного давления для достижения той же степени поражения ЖС, а при длительности фазы сжатия УВ менее $2 \cdot 10^{-3}$ с поражение ЖС определяется величиной удельного импульса УВ. Летальный исход в этом случае наступает при значениях $I^* \geq 900$ Па · с [4].

Библиографические ссылки

1. Средства поражения и боеприпасы : учебник / А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов [и др.] ; под общ. ред. В. В. Селиванова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008.
2. Козлов В. В., Погудин А. Л., Лунев А. Н. Устройство и применение боеприпасов. – Пермь : Стиль-МГ, 2004.
3. Там же.
4. Анализ защитных свойств элементов современных бронезилетов при воздействии поражающих элементов : отчет о НИР. – Пермь : ПВИ ВВ МВД, 2007.
5. Взрывные явления. Оценка и последствия / W. E. Baker [и др.]. – М., Мир, 1986.
6. Там же.

Получено 05.05.2016

УДК 623.454

В. В. Козлов, доктор технических наук, профессор, Черноморское высшее военное морское училище имени П. С. Нахимова, Севастополь

В. Г. Шереметьев, Пермский военный институт внутренних войск МВД России

А. В. Васильев, Черноморское высшее военное морское училище имени П. С. Нахимова, Севастополь

Д. Л. Голубцов, Черноморское высшее военное морское училище имени П. С. Нахимова, Севастополь

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК УЯЗВИМОСТИ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИ РАЗНОРОДНЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ

Поражающее действие средств поражения определяется типом, калибром и их конструктивными характеристиками, типом цели, характеристиками ее уязвимости и условиями боевого применения.

Назначение средства поражения определяется в основном классом целей, для борьбы с которыми оно используется.

Мерой эффективности использования средств поражения может служить степень достижения ими желаемого действия. Однако до начала практического боевого использования средств поражения эта мера должна рассматриваться в основном как теоретическая.

Но теоретически трудно оценить количественные значения различных степеней поражения, которые могут быть нанесены противнику [1].

Эти различия используются, прежде всего, конструкторами средств поражения и специалистами по исследованию операций в качестве основы для определения степени поражения цели.

Совершенная система классификации видов поражения должна включать все классы наземных целей.

Анализ боевых возможностей средств поражения и характеристик уязвимости типовых наземных объектов вооружения и военной техники позволяет их классифицировать по степени уязвимости и представить в виде дендрограммы (рис. 1) для дальнейшего анализа.

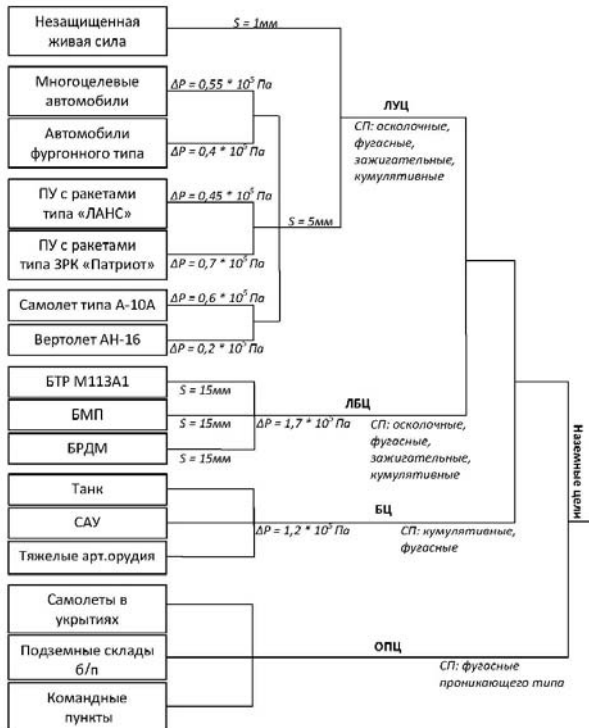


Рис. 1. Классификация наземных целей

Анализ функции уязвимости целей позволяет выявить важные факторы, оказывающие существенное влияние на конструкцию боевых частей перспектив-

ных средств поражения. Для этого используем методы морфологического и кластерного анализа. В качестве исходных типовых целей выберем следующие: ТЦ1 – живая сила; ТЦ2 – ПУ с ракетой типа «Ланс»; ТЦ3 – ЗРК «Патриот»; ТЦ4 – самолет А-10; ТЦ5 – вертолет АН-16; ТЦ6 – многоцелевой автомобиль грузоподъемностью 5 т; ТЦ7 – специальная машина фургонного типа; ТЦ8 – бензовоз; ТЦ9 – резервуар с топливом; ТЦ10 – бронетранспортер М113А1.

Целями морфологического анализа являются: классифицирование исследуемого объекта или множества объектов, системное исследование всех возможных вариантов решения задачи, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) совершенствуемого объекта.

Общее число всевозможных вариантов N , образующих морфологическое множество, определяется как декартово произведение множеств альтернатив, образованных каждой строкой морфологической таблицы:

$$N = \prod_{l=1}^L K_l = K_1 K_2 \dots K_l \dots K_L,$$

где K_l – число альтернатив (уязвимых агрегатов) для реализации l -й цели; L – число всех целей.

Морфологическое множество является областью поиска в пространстве размерностью L . Генерируемый вариант (цель) представляет выборку альтернатив (уязвимых агрегатов) хотя бы по одной из каждой строки морфологической таблицы и в общем виде записывается следующим образом [2]:

$$S = \{A_{1j}, A_{2j}, \dots, A_{mj}, \dots, A_{Lj}\},$$

где $i = \overline{1, K_1}$; $j = \overline{1, K_2}$; $m = \overline{1, K_j}$; $n = \overline{1, K_L}$.

Построим морфологическую таблицу с учетом вышеперечисленных типовых элементарных целей (табл. 1).

В табл. 1 функция подсистемы представляет собой уязвимый агрегат (в исключительных случаях элементарную цель, например, резервуар с горючим).

Таблица 1. Морфологическая таблица

Функция подсистемы F_i (уязвимый агрегат)	Альтернативы для реализации	Число способов реализации, K_L
Топливные баки	$A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}$	7
Цистерны с топливом	A_{21}, A_{22}	2
Резервуары с топливом	A_{31}, A_{32}	2
Ракетные двигатели и заряды ТТ	$A_{41}, A_{42}, A_{43}, A_{44}$	4
Боевые части	$A_{51}, A_{52}, A_{53}, A_{54}, A_{55}, A_{56}, A_{57}, A_{58}, A_{59}, A_{510}$	10
кабина	A_{61}, A_{62}, A_{63}	3
двигатели	$A_{71}, A_{72}, A_{73}, A_{74}, A_{75}, A_{76}, A_{77}$	7
Система навигации и управления	A_{81}, A_{82}, A_{83}	3
Резиновые колеса	A_{91}, A_{92}, A_{93}	3
Радиатор	A_{101}	1
Живая сила	A_{111}, A_{112}	2

Во втором столбце рассматриваются однотипные по целевому назначению варианты и виды уязвимых агрегатов, в третьем столбце – количество вариантов.

Правило генерации вариантов исследуемых целей таково, что каждый целостный вариант отличается от любого другого варианта (цели рассматриваемого

морфологического множества хотя бы одной альтернативой (уязвимым отсеком) A_{lm} или количественными показателями (характеристиками уязвимости): A_{11} – топливный бак автомобиля; A_{12} – топливный бак БТР; A_{13} – топливный бак БМП; A_{14} – топливный бак танка (САУ); A_{15} – топливный бак самолетный (бомбардировщик В-52); A_{16} – топливный бак вертолета; A_{17} – топливный бак самолета (истребитель F-15); A_{21} – цистерна ж/д; A_{22} – цистерна с топливом автомобильная; A_{31} – наземный резервуар металлический с топливом; A_{32} – резиноканевый резервуар с топливом; A_{41} – ракетный двигатель твердого топлива управляемых ракет; A_{42} – ракетный двигатель твердого топлива неуправляемых ракет; A_{43} – минометные заряды; A_{44} – заряды к артиллерийским снарядам; A_{51} – авиабомбы основного назначения; A_{52} – боевые части управляемых ракет; A_{53} – боевые части неуправляемых ракет; A_{54} – боевые части торпед; A_{55} – артиллерийские снаряды; A_{56} – артиллерийские мины; A_{57} – инженерные мины; A_{58} – боевые части РСЗО; A_{59} – боевые части реактивных снарядов к ПТРК; A_{510} – боевые части реактивных гранат к РПГ; A_{61} – кабина автомобиля; A_{62} – кабина самолета; A_{63} – кабина вертолета; A_{71} – двигатель автомобильный; A_{72} – двигатель БТР; A_{73} – двигатель БМП; A_{74} – двигатель (САУ); A_{75} – двигатель самолета (бомбардировщик типа В-52); A_{76} – двигатель вертолета; A_{77} – истребитель типа F-14; A_{81} – система навигации и управления ракеты; A_{82} – система навигации и управления самолета; A_{83} – система навигации и управления вертолета; A_{91} – колеса резиновые автомобиля; A_{92} – колеса резиновые БТР; A_{93} – колеса резиновые самолета типа F-14; A_{94} – колеса резиновые вертолета типа АН-1Г; A_{101} – радиатор; A_{111} – живая сила; A_{112} – живая сила в СИБ (средства индивидуальной бронезащиты).

Варианты типовых целей представим следующим образом:

ТЦ1 – живая сила: $S_1 = \{A_{111} \cup A_{112}\}$;

ТЦ2 – ПУ с ракетой типа «Ланс»:

$S_2 = \{A_{41}, A_{52}, A_{82}\}$;

ТЦ3 – ЗРК «Патриот»: $S_3 = \{A_{41}, A_{52}, A_{82}\}$;

ТЦ4 – самолет А-15:

$S_4 = \{A_{17}, A_{51} \cup A_{52} \cup A_{53} \cup A_{55}, A_{62}, A_{77}, A_{82}, A_{93}\}$;

ТЦ5 – вертолет АН1Г:

$S_5 = \{A_{16}, A_{51} \cup A_{52} \cup A_{53} \cup A_{55}, A_{63}, A_{76}, A_{83}, A_{94}\}$;

ТЦ6 – многоцелевой автомобиль 5Т:

$S_6 = \{A_{11}, A_{61}, A_{71}, A_{91}, A_{101}, A_{111} \cup A_{112}\}$;

ТЦ7 – специальная машина фургонного типа:

$S_7 = \{A_{11}, A_{61}, A_{71}, A_{91}, A_{101}\}$;

ТЦ8 – бензовоз: $S_8 = \{A_{11}, A_{22}, A_{61}, A_{71}, A_{91}, A_{101}\}$;

ТЦ9 – резервуар с топливом: $S_9 = \{A_{31} \cup A_{32}\}$;

ТЦ10 – бронетранспортер М113А1:

$S_{10} = \{A_{12}, A_{55}, A_{72}, A_{92}, A_{111} \cup A_{112}\}$.

Предварительный качественный анализ позволяет выделить следующие подгруппы целей:

а) $S_4 = \{A_{17}, A_{51} \cup A_{52} \cup A_{53} \cup A_{55}, A_{62}, A_{77}, A_{82}, A_{93}\}$;

$S_5 = \{A_{16}, A_{51} \cup A_{52} \cup A_{53} \cup A_{55}, A_{63}, A_{76}, A_{83}, A_{94}\}$;

б) $S_2 = \{A_{41}, A_{52}, A_{82}\}$; $S_3 = \{A_{41}, A_{52}, A_{82}\}$;

в) $S_6 = \{A_{11}, A_{61}, A_{71}, A_{91}, A_{101}\}$;

$S_7 = \{A_{11}, A_{61}, A_{71}, A_{91}, A_{101}\}$;

$S_8 = \{A_{11}, A_{22}, A_{61}, A_{71}, A_{91}, A_{101}\}$.

Предварительная кластеризация морфологических множеств с учетом особенностей структуры и свойств вариантов помогает сгруппировать цели по качественным признакам и выявить классы, содержащие типовые или наиболее оригинальные схемы уязвимости. Обработка морфологических таблиц проводится с использованием подходов кластерного анализа [3].

Процесс объединения кластеров происходит последовательно: на основании матрицы расстояний или матрицы сходства объединяются наиболее близкие объекты. В кластерном анализе для количественной оценки сходства вводится понятие метрики. В качестве меры сходства используем евклидово расстояние между объектами [4]:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2},$$

где d_{ij} – расстояние между i -м и j -м объектами; x_{ik} , x_{jk} – значения k -й переменной, соответственно, у i -го и j -го объектов.

В качестве исходных данных используем те же 10 типовых наземных целей с заданными параметрами (табл. 2).

Оценка сходства между объектами сильно зависит от абсолютного значения признака и от степени его вариации в совокупности.

Для устранения подобного влияния на процедуру классификации значения исходных переменных нормируем следующим образом: заменим x_{ij} новыми значениями z_{ij} , полученными по формуле

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j},$$

где \bar{x}_j – среднее арифметическое, и построим матрицу стандартизованных значений признаков и исходную матрицу расстояний.

Матрица значений нормированных переменных будет иметь следующий вид (табл. 3).

Классификацию проведем при помощи иерархического агломеративного метода. Для построения матрицы расстояний воспользуемся евклидовым расстоянием. Определяем евклидовы расстояния по формуле

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}.$$

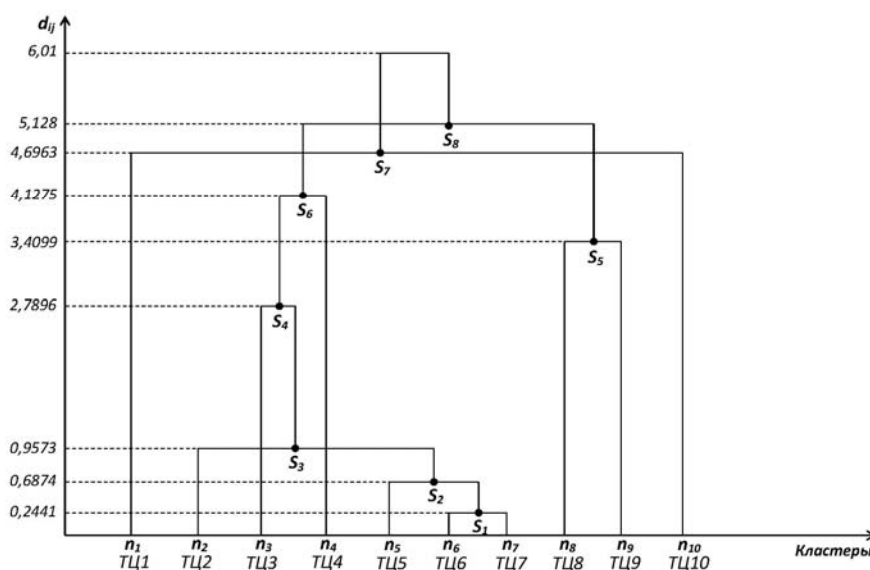


Рис. 3. Граф-дерево (дендрограмма) кластерного анализа наземных целей

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. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М. : Финансы и статистика, 2001. – 362.

3. Там же.

4. Там же.

5. Там же.

Получено 05.05.2016

УДК 519.87

А. Н. Павлов, кандидат технических наук, доцент, Пермский военный институт внутренних войск МВД России
А. Н. Гладков, кандидат технических наук, Пермский военный институт внутренних войск МВД России
А. Ю. Камышан, Пермский военный институт внутренних войск МВД России

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

В эпоху военно-технической революции вопросы управления техническими системами ВВ МВД России выдвинулись на первый план. Если раньше боевая мощь противодействующих сторон наращивалась за счет увеличения ударной силы оружия, то теперь при наличии современного оружия боевая мощь государства в значительной степени определяется качеством автоматического управления этим оружием. Логика развития военного дела требует привести в соответствие средства и способы управления с возросшими возможностями войск и боевой техники. Особенно важная роль в решении этой проблемы принадлежит автоматизации и управлению техническими системами, основой которой является техническая кибернетика и вычислительная техника.

Для управления рабочими процессами в объектах бронетанковой техники применяется большое количество автоматически и полуавтоматически дейст-

вующих аппаратов и машин. Эти устройства весьма разнообразны по назначению, принципу действия и конструкции. В них сочетаются механические, электрические, гидравлические и другие элементы, составляющие сложный комплекс взаимодействующих звеньев системы.

Компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных систем [1, 2]. Компьютерные модели проще и удобнее исследовать, проводить так называемые вычислительные эксперименты в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий или могут дать непредсказуемый результат.

Логичность и предсказуемость компьютерных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта-оригинала (или целого класса объектов), в частности, исследо-