

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ МАТЕРИАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВНИКОМ ПРОТИВОТРАНСПОРТНЫХ МИН И АЛГОРИТМ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Долгов Андрей Александрович

Адъюнкт, Академия управления МВД России, Москва
andaleks78@yandex.ru

METHODOLOGICAL APPROACH TO PREDICTIVE RISK ASSESSMENT DURING TRANSPORTATION OF MATERIAL ASSETS IN CONDITIONS OF POTENTIAL USE OF ANTI-VEHICLE MINES BY THE ENEMY AND THE ALGORITHM OF ITS IMPLEMENTATION

A. Dolgov

Summary. The article is devoted to the substantiation of the approach to predictive risk assessment in solving the tasks of resource provision of the units of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the conditions of the potential use of anti-vehicle mines by the enemy. When providing material means in conditions of potential use by the enemy (sabotage groups) of various mines, there is a possibility of hitting cars and equipment on the routes of column advance. To solve this problem, the mathematical apparatus of probability theory is used. The formalization of the process of the damaging effect of anti-vehicle mines on unarmored and lightly armored vehicles is considered. The author has developed an algorithm for predictive risk assessment taking into account external influences. The calculated results are adequate to real indicators. Based on the calculated data, it was revealed that the proposed methodological approach can be used in predictive risk assessment when providing material resources.

Keywords: transport, factors, risk, forecasting, evaluation, efficiency, risk management.

Аннотация. Статья посвящена обоснованию подхода к прогнозной оценке риска при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин. При обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником (диверсионными группами) различных мин возникает вероятность поражения автомобилей и техники на маршрутах выдвижения колонн. Для решения данной задачи использован математический аппарат теории вероятностей. Рассматривается формализация процесса поражающего действия противотранспортных мин по небронированной и легкобронированной технике. Автором разработан алгоритм, по прогнозной оценке, риска с учетом внешних воздействий. Расчетные результаты адекватны реальным показателям. На основании расчетных данных выявлено, что предложенный методический подход можно использовать при прогнозной оценке рисков при обеспечении материальными средствами.

Ключевые слова: факторы, риск, обеспечение, оценка, вероятность, эффективность, управление рисками.

Введение

Эффективность управления рисками при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России, во многом зависит от детального учета всех факторов для их прогнозной оценки. Это сложная проблема, требующая применения различного математического аппарата для решения ряда адаптивных многовариантных задач [1; 2].

Решение данных задач неизменно рассматривается как выбор определенного варианта. Это связано с комплексным анализом всех условий и ограничений, обоснованного применения единичных и групповых по-

казателей процессов для формирования обобщенных показателей рисков как характеристики критериального аппарата в оценке эффективности управления [3; 4].

При обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником (диверсионными группами) различных мин возникает вероятность поражения автомобилей и техники на маршрутах выдвижения колонн. Поэтому, актуальным является прогнозная оценка рисков при обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин и разработка алгоритма его реализации.

Для решения данной задачи использован математический аппарат теории вероятностей [5].

Риски в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин определим по выражению:

$$P_p = 1 - P(S)$$

где $P(S)$ — функция распределения вероятности поражения техники в площади поражения противотранспортных мин.

В качестве критерия оценки эффективности действия мин по небронированной технике (НБТ), например, различные автомобили или легкобронированной технике (ЛБТ) МВД, например, БТР и бронированные автомобили Урал, целесообразно использовать приведенную площадь поражения ($S_{пр}$), определяемую по зависимости [6]:

$$S_{пр} = \int_S P(S) dS, \tag{1}$$

где S — площадь поражения в плоскости целей.

Определение функции распределения вероятности поражения небронированной и легкобронированной техники

При определении функции распределения вероятности поражения небронированной (НБТ) и легкобронированной техники (ЛБТ) от действия мин в качестве исходных данных принимают:

1. Тип ВВ.
2. Массу разрывного заряда ВВ $\omega_{ВВ}$, кг.
3. Массу мины $m_{Мр}$, кг.

В качестве поражающих факторов при действии мин по НБТ, ЛБТ рассматриваются величина избыточного давления во фронте отраженной ударной волны (ФОУВ) $\Delta P_{отр}$ и величина суммарного удельного импульса $I_{уд}^{\Pi}$.

При этом, при оценке того, каким фактором ($\Delta P_{отр}$ или $I_{уд}^{\Pi}$) будет нанесено поражение НБТ, ЛБТ, используется критерий в виде длина положительной фазы ударной волны, определяемой по выражению:

$$L = D_{\phi} \cdot \tau, \text{ м}, \tag{2}$$

где D_{ϕ} — скорость движения фронта УВ, рассчитываемая по зависимости:

$$D_{\phi} = C_o \sqrt{1 + 8,3\Delta P}, \text{ м/с}, \tag{3}$$

где C_o — скорость звука, м/с;

ΔP — избыточное давление во ФУВ, МПа, рассчитываемое по зависимости:

$$\Delta P = \left[0,84 \frac{(2f \cdot \omega_{ЭКВ})^{1/3}}{R} + 2,7 \frac{(2f \cdot \omega_{ЭКВ})^{2/3}}{R^2} + 7 \frac{2f \cdot \omega_{ЭКВ}}{R^3} \right] \times 10^5, \text{ Па} \tag{4}$$

τ — время фазы сжатия, определяемое по зависимости:

$$\tau = f \sqrt[6]{\omega_{ВВ}} \cdot \sqrt{R} \cdot 10^{-3}, \text{ с}, \tag{5}$$

где $f = \frac{Q_{ВВ}}{Q_{ТНТ}}$ — эквивалент тротила;

$Q_{ВВ}$ и $Q_{ТНТ}$ — удельная теплота взрыва взрывчатых веществ (ВВ) в mine и величины тротилового эквивалента (ТНТ) соответственно (табл. 1).

Характеристики взрывчатых веществ, используемые в качестве снаряжения мин, приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Характеристики взрывчатых веществ

Индекс ВВ	Плотность ρ_{ν} , кг/м ³	Скорость детонации D , м/с	Удельная теплота взрыва Q_{ν} , кДж/кг
ТНТ	1620	7000	4180
ТГ-50	1700	7600	4765
А-IX-1	1600	8000	5225
А-IX-2	1680	7800	6270
ТГАГ-5	1720	7300	3850

В том случае, если длина волны L превышает габаритные размеры НБТ и ЛБТ по направлению действия ФУВ, то их поражение наносится избыточным давлением во ФУОВ $\Delta P_{отр}$, при обратном равенстве поражение наносится $I_{уд}^{\Pi}$.

Характеристики уязвимости и параметры для небронированной и легкобронированной техники МВД России приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Характеристики уязвимости и параметры наземной цели

Цель	Длина/ширина образца, м	Высота образца, м
(НБТ) Автомобиль «Урал»	5/2	3
(ЛБТ) Бронетранспортер БТР-80	4/2	2

Избыточное давление во ФУОВ определяется по выражению:

$$\Delta P_{отр} = 2\Delta P + \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} \cdot \Delta P^2 \left(\Delta P + \frac{2\gamma}{\gamma - 1} P_o \right), \text{ Па}, \tag{6}$$

где ΔP , Па — избыточное давление во ФУВ, рассчитываемое по выражению (4);

P_0 — атмосферное давление, $P_0 = 1,033 \cdot 10^5$ Па;

γ — показатель адиабаты для воздуха $\gamma = 1,4$.

Вероятность поражения избыточным давлением во ФУВ определяется следующими зависимостями:

$$\text{для НБТ } P = 1,77 \cdot 10^{-2} \Delta P_{\text{отр}}^{-0,018} \cdot \exp(66 \cdot \Delta P_{\text{отр}}); \quad (7)$$

$$\text{для ЛБТ } P = 8,65 \cdot 10^{-2} \Delta P_{\text{отр}}^{0,166} \cdot \exp(35,4 \cdot \Delta P_{\text{отр}}); \quad (8)$$

где $\Delta P_{\text{отр}}$ — подставляется в МПа.

При этом, если выполняются условия

$$\Delta P_{\text{отр}} \geq 0,09 \text{ МПа для ЛБТ и } \Delta P_{\text{отр}} \geq 0,07 \text{ МПа для ЛУ,}$$

то вероятность поражения техники $P = 1$.

Приведенная площадь поражения БТР и ЛБТ избыточным давлением во ФУВ определяется по зависимости:

$$S_{\text{пр}} = \int_S P(S) dS = 2\pi \int_0^{\infty} P(R) \cdot R dR, \quad (9)$$

где $P(S)$ — функция распределения вероятности поражения на расстоянии от точки подрыва до цели, определяемая по выражениям (7), (8).

Величина интеграла в правой части выражения (9) определяется с использованием методов численного интегрирования. Наиболее приемлемым с точки зрения обеспечения требуемой точности является метод Симпсона [4].

При проведении расчетов величины $S_{\text{пр}}$ нахождение интеграла в правой части выражения (9) в качестве нижнего предела интегрирования необходимо принимать минимальное расстояние $R_{\text{мин}}$, обеспечивающее вероятность поражения $P = 1$, а в качестве верхнего предела интегрирования — максимальное расстояние $R_{\text{макс}}$, обеспечивающее вероятность поражения, близкую к нулю.

Суммарный удельный импульс определяется следующей зависимостью:

$$I_{\text{уд}}^{\text{II}} = 2(i + j), \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (10)$$

где i, j — импульсы давления от падающей ударной волны и от давления скоростного напора, определяемые выражениями:

$$i = \frac{\Delta P \tau}{a} \left(1 - \frac{1 - \exp(-a)}{a} \right), \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (11)$$

$$j = \frac{\rho_{\Phi} U_{\Phi}^2}{b} \left(1 - \frac{2}{b} \left(1 - \frac{1 - \exp(-b)}{b} \right) \right), \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (12)$$

где ΔP — избыточное давление во ФУВ, Па, определяемое по зависимости (4);

τ — время фазы сжатия, с (определяемое по формуле (5);

ρ_{Φ} — плотность воздуха во ФУВ, рассчитываемая по зависимости:

$$\rho_{\Phi} = \rho_0 \frac{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}}{1 + \frac{\gamma - 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}}, \text{ кг/м}^3; \quad (13)$$

U_{Φ} — скорость движения воздуха за ФУВ, рассчитываемая по зависимости:

$$U_{\Phi} = \frac{C_0}{\gamma} \frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\sqrt{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}}}, \text{ м/с}. \quad (14)$$

В этих выражениях

ρ_0 — плотность воздуха, кг/м³;

P_0 — атмосферное давление, Па;

C_0 — скорость звука в воздухе, м/с;

ΔP — избыточное давление во ФУВ, определяемое по выражению (4);

γ — показатель адиабаты воздуха.

Коэффициенты a и b в выражениях (11), (12) определяются по зависимостям:

$$a = 3,002 \cdot A^{-0,661} \exp(-4,372 \cdot A); \quad (15)$$

$$b = 12,916 \cdot B^{-0,303} \exp(-4,943 \cdot B), \quad (16)$$

где A и B — коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$A = \frac{i'}{\Delta P \tau}; \quad (17)$$

$$B = \frac{2 \cdot j'}{\rho_{\Phi} U_{\Phi}^2}, \quad (18)$$

где i' — удельный импульс давления от падающей ударной волны, рассчитываемый по формуле:

$$i' = 200 \cdot \frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{\text{ЭКВ}}}}{R}, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (19)$$

j' — удельный импульс давления от скоростного напора, определяемый по выражению:

$$j' = 300 \sqrt[3]{f \cdot \omega_{\text{ЭКВ}}} \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{\text{ЭКВ}}}}{R} \right)^{2,5}, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (20)$$

В этих выражениях:

$$f = \frac{Q_{BB}}{Q_{ТГ-50}} \text{ — эквивалент тротила;}$$

$\omega_{\text{эКВ}}$ — эквивалентная масса ВВ, определяемая по зависимости

$$\omega_{\text{эКВ}} = \begin{cases} \omega_{BB}(1,9\alpha + 0,3), & \text{при } 0,1 \leq \alpha \leq 0,35 \\ \omega_{BB}, & \text{при } \alpha > 0,35 \end{cases}, \quad (21)$$

где $\alpha = \frac{\omega_{BB}}{m_{\text{сн}}}$ — коэффициент наполнения мины;

Вероятность поражения суммарным удельным импульсом определяется по зависимостям:

для НБТ $P = 5,96 \cdot 10^{-2} J_{\text{уд}}^{1,05 \cdot 10^{-4}} \cdot \exp(7,03 \cdot 10^{-3} J_{\text{уд}}^{\text{II}}); \quad (22)$

для ЛБТ $P = 2,91 \cdot 10^{-2} J_{\text{уд}}^{1,03 \cdot 10^{-4}} \exp(2,92 \cdot 10^{-3} J_{\text{уд}}^{\text{II}}); \quad (23)$

где $J_{\text{уд}}^{\text{II}}$ в Па·с.

При условиях $J_{\text{уд}}^{\text{II}} \geq 400$ Па·с для ЛУТ, $J_{\text{уд}}^{\text{II}} \geq 1200$ Па·с для ЛБТ, вероятность поражения объектов $P=1$.

Приведенная площадь поражения определяется по выражению:

$$S_{\text{пр}} = 2\pi \int_{0,01}^{10} P(R) \cdot R \cdot dR, \quad (24)$$

где $P(R)$ — определяется по зависимостям (22), (23) в зависимости от типа поражаемого объекта.

Интегрируется выражение (24) методом Симпсона [4].

Алгоритм расчета рисков в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин по небронированной и легкобронированной технике

1. Ввод исходных данных для расчета:

- тип ВВ;
- масса РЗ ВВ $\omega_{\text{ВВ}}$, кг;
- масса снаряда $m_{\text{м}}$, кг.

2. Определение приведенной площади поражения техники:

$$S_{\text{пр}} = \int_0^{\infty} P(S) dS \approx 2\pi \int_{0,001}^{10} P(R) R dR, \text{ м}^2 \quad (25)$$

где $P(R)$ — функция распределения вероятности поражения НБТ, ЛБТ от расстояния до места подрыва, определяемая в следующей последовательности:

1) определение избыточного давления во фронте ударной волны по за данным значениям расстояния от точки подрыва до цели:

$$\Delta P = \left[0,84 \frac{(2f \cdot \omega_{\text{эКВ}})^{1/3}}{R} + 2,7 \frac{(2f \cdot \omega_{\text{эКВ}})^{2/3}}{R^2} + 7 \frac{2f \cdot \omega_{\text{эКВ}}}{R^3} \right] \times 10^5, \text{ Па} \quad (26)$$

где $f = \frac{Q_{\text{ВВ}}}{Q_{\text{ТНТ}}}$ — эквивалент тротила;

$Q_{\text{ВВ}}$ и $Q_{\text{ТНТ}}$ — удельная теплота взрыва ВВ и ТНТ соответственно (табл. 1);

$\omega_{\text{эКВ}}$ — эквивалентная масса ВВ, определяемая по зависимости (21);

R — расстояние от точки подрыва до цели;

2) определение скорости перемещения ФУВ:

$$D_{\text{ф}} = 340 \sqrt{1 + 8,3 \Delta P}, \text{ м/с}, \quad (27)$$

где ΔP в МПа;

3) определение времени фазы сжатия

$$\tau = f \sqrt{\omega_{\text{ВВ}}} \cdot \sqrt{R} \cdot 10^{-3}, \text{ с}, \quad (28)$$

где $f = \frac{Q_{\text{ВВ}}}{Q_{\text{ТНТ}}}$ — эквивалент тротила;

$Q_{\text{ВВ}}$ и $Q_{\text{ТНТ}}$ — удельная теплота взрыва ВВ и ТНТ соответственно табл. 1;

4) определение длины положительной фазы ударной волны

$$L = D_{\text{ф}} \cdot \tau, \text{ м}; \quad (29)$$

5) если при условии $L > l$, где l — габаритные размеры техники, приведенные в табл. 2, то поражение объекта осуществляется избыточным давлением во ФУВ $\Delta P_{\text{отр}}$ [расчет проводить по п.п. 6, 7];

Если при условии $L < l$, то поражение производится суммарным удельным импульсом $J_{\text{уд}}^{\text{II}}$ [расчет проводить по п.п. 8–16)];

6) определение избыточного давления во ФУВ

$$\Delta P_{\text{отр}} = 2\Delta P + \frac{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} \cdot \Delta P^2}{\Delta P + \frac{2\gamma}{\gamma - 1} P_0}, \text{ Па}, \quad (30)$$

где ΔP — избыточное давление во ФУВ, рассчитываемое по выражению (26) [Па];

P_0 — атмосферное давление, $P_0 = 1,033 \cdot 10^5$ Па;

γ — показатель адиабаты для воздуха ($\gamma = 1,4$.);

7) определение вероятности поражения избыточным давлением во ФУВ:

для НБТ $P = 1,77 \cdot 10^{-2} \Delta P_{отр}^{-0,018} \cdot \exp(66 \cdot \Delta_{отр})$; (31)

для ЛБТ $P = 8,65 \cdot 10^{-2} \Delta P_{отр}^{0,166} \cdot \exp(35,4 \cdot \Delta P_{отр})$; (32)

где $\Delta P_{отр}$ — подставляется в Па (МПа).

При этом, если $\Delta P_{отр} \geq 0,09$ МПа для ЛБТ, $\Delta P_{отр} \geq 0,07$ МПа для ЛБТ, то вероятность поражения техники $P = 1$;

8) определение величины импульсов от падающей ударной волны и от давления скоростного напора:

$$i' = 200 \frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{эКВ}}}{R}, \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad (33)$$

$$j' = 300 \sqrt[3]{f \cdot \omega_{эКВ}} \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{f \cdot \omega_{эКВ}}}{R} \right)^{2/5}, \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (34)$$

где $f = \frac{Q_{ВВ}}{Q_{ТНТ}}$ — эквивалент тротила;

$Q_{ВВ}$ и $Q_{ТНТ}$ — удельная теплота взрыва ВВ и ТНТ соответственно (табл. 1);

$\omega_{эКВ}$ — эквивалентная масса ВВ, определяемая по зависимости (21);

R — расстояние от точки подрыва до цели;

9) определение плотности воздуха во ФУВ:

$$\rho_{\phi} = \rho_o \frac{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_o}}{1 + \frac{\gamma - 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_o}}, \text{ кг/м}^3; \quad (35)$$

где ρ_o — плотность воздуха, кг/м³;

P_o — атмосферное давление, Па;

ΔP — избыточное давление во ФУВ [Па], определяемое по выражению (26);

γ — показатель адиабаты воздуха ($\gamma=1,4$);

10) определение скорости воздуха за ФУВ:

$$U_{\phi} = \frac{C_o}{\gamma} \frac{P_o}{\sqrt{1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_o}}}, \text{ м/с}, \quad (36)$$

где ρ_o — плотность воздуха, кг/м³;

P_o — атмосферное давление, Па;

C_o — скорость звука в воздухе, м/с;

ΔP — избыточное давление во ФУВ [Па], определяемое по выражению (26);

γ — показатель адиабаты воздуха;

11) определение коэффициентов A и B :

$$A = \frac{i'}{\Delta P \cdot \tau}; \quad (37)$$

$$B = \frac{2 \cdot j'}{\rho_{\phi} U_{\phi}^2}, \quad (38)$$

где i' — в Па·с, ΔP — Па, τ — в секундах, j' — в Па·с, ρ_{ϕ} — в кг/м³, U_{ϕ} — в м/с;

12) определение коэффициентов a и b :

$$a = 3,002 A^{-0,661} \exp(-4,372 \cdot A); \quad (39)$$

$$b = 12,916 B^{-0,303} \exp(-4,943 \cdot B); \quad (40)$$

13) определение импульса от избыточного давления во ФУВ:

$$i = \frac{\Delta P \cdot \tau}{a} \left(1 - \frac{(1 - \exp(-a))}{a} \right), \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad (41)$$

где ΔP — в Па·с, τ — в секундах;

14) определение импульса от скоростного напора

$$j = \frac{\rho_{\phi} U_{\phi}^2 \cdot \tau}{B} \left(1 - \frac{2}{B} \left(1 - \frac{1 - \exp(-B)}{B} \right) \right), \text{ Па} \cdot \text{с}, \quad (42)$$

где ρ_{ϕ} — в кг/м³, U_{ϕ} — в м/с, τ — в секундах.

15) определение суммарного удельного импульса

$$I_{уд}^{\Pi} = 2(i + j), \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad (43)$$

16) определение вероятности поражения суммарным удельным импульсом:

$$\text{для НБТ } P = 5,96 \cdot 10^{-2} J_{уд}^{\Pi 1,05 \cdot 10^{-4}} \cdot \exp(7,03 \cdot 10^{-3} J_{уд}^{\Pi}); \quad (44)$$

$$\text{для ЛБТ } P = 2,91 \cdot 10^{-2} J_{уд}^{\Pi 1,03 \cdot 10^{-4}} \cdot \exp(2,92 \cdot 10^{-3} J_{уд}^{\Pi}); \quad (45)$$

где $J_{уд}^{\Pi}$ в Па·с.

При выполнении условий:

$J_{уд}^{\Pi} \geq 400$ Па·с — для ЛБТ и $J_{уд}^{\Pi} \geq 1200$ Па·с — для ЛБТ, (46) вероятность поражения техники $P=1$.

17) определение рисков в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин:

$$P_p = 1 - P(S)$$

где $P(S)$ — функция распределения вероятности поражения техники в площади поражения противотранспортных мин.

Заключение

В данной статье обоснован подход, по прогнозной оценке, риска при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России в условиях потенциального применения противником противотранспорт-

ных мин. Разработан конкретный алгоритм реализации предложенного подхода. Для решения данной задачи использован математический аппарат теории вероятностей. Расчетные результаты адекватны реальным показателям. Поэтому указанный методический подход

предлагается использовать, в частности, при решении задач ресурсного обеспечения подразделений МВД России на этапе прогнозной оценки вероятного поражения транспорта и техники, например, на марше колонны автомобилей и техники подразделений МВД России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.Н. Оптимальные системы управления. Аналитическое конструирование. М.: Изд-во физического факультета МГУ, 2015. 249 с.
2. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. Ч. 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем / Б.А. Резников. Л.: МО СССР, 1990. 522 с.
3. Цыпкин Я.З. Моделирование и оптимизация сложных систем управления. М.: Наука, 1981. 272 с.
4. Шрейдер Ю.А. Системы и модели / Ю.А. Шрейдер, А.А. Шаров. М.: Радио и связь, 1982. 152 с.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. М.: Высш. шк., 1977. 480 с.
6. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов / И.А. Балаганский, Л.А. Мержиевский. Новосибирск, 2004. 255 с.

© Долгов Андрей Александрович (andaleks78@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»