

Г.Е. Шепитко

(Московская финансово-юридическая академия;
e-mail: ge2004@yandex.ru)

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ МНОГОРУБЕЖНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ

Обосновано четвертое уравнение безопасности объектов при посягательстве на них внешних нарушителей различных категорий подготовленности. Получены аналитические оценки для вероятности многорубежной защиты объектов.

Ключевые слова: уравнение безопасности, внешний нарушитель, рубеж защиты.

G.E. Shepitko

SOME QUESTIONS IN THEORY OF OBJECTS PROTECTION WITH NUMEROUS DEFENSIVE LINES

The fourth equation in security of facilities under encroachment by the external intruders with different categories of preparedness is proved. Analytical estimates for the probability of protection for facilities with numerous defensive lines are got.

Key words: safety equation, external intruder, defensive line.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 августа 2011 г.

Применяемая с давних пор военная стратегия обороны объектов предполагает заблаговременное рациональное распределение сил и средств во времени и в пространстве в виде совокупности рубежей обороны. Однако в области физической безопасности хозяйственных (нережимных) объектов требования к рубежам защиты обосновываются чаще всего эмпирическим путём.

Целью данной статьи является исследование теоретических аспектов оценки характеристик многорубежной защиты объектов на базе статистической модели защиты.

Будем считать, что защищаемый объект относится к одной из категорий важности (особо важный, важный, простой). На этот объект воздействует пуассоновский поток попыток проникновения нарушителей различных категорий подготовленности (квалифицированный, подготовленный, неподготовленный (точнее – слабо подготовленный)) [1]. Точками входа внешних нарушителей являются участки периметра территории объекта, точкой прихода – место сосредоточенного расположения материальных ценностей на территории объекта. На пути проникновения нарушителей установлены последовательно в пространстве несколько рубежей защиты, которые контролируют следующие зоны: периметр территории объекта, периметр здания, периметр помещения, объём помещения, отдельные предметы в охраняемом помещении.

Тогда можно записать выражение для вероятности успешного посягательства на объект k -й категории важности нарушителя j -й категории подготовленности при одном i -м рубеже защиты:

$$P_{ynijk} = P_{no} (1 - P_{zijk}), \quad (1)$$

где P_{no} – вероятность попыток проникновения нарушителей на объекты;

$$P_{no} = 1 - \exp(-\lambda \cdot D_{jk} T) \quad (2)$$

λ – интенсивность потока попыток проникновения нарушителей;

$T = 1$ год;

D_{jk} – доля попыток проникновения нарушителей j -й категории на объект k -й категории;

P_{zijk} – вероятность защиты i -м рубежом защиты от нарушителя j -й категории на объект k -й категории;

$$P_{zijk} = P_{оби} \cdot P_{нобхijk} \cdot P_{вмik} \cdot P_{борik} \cdot P_{ззik}; \quad (3)$$

$P_{оби}$ – вероятность обнаружения техническим средством (охранным извещателем) i -го рубежа защиты *неподготовленного нарушителя* в стандартных условиях;

$P_{нобхijk}$ и $P_{обхijk}$ – вероятность необхода и обхода, соответственно, нарушителем j -й категории работоспособного i -го рубежа защиты на объекте k -й категории;

$$P_{нобхijk} = 1 - P_{обхijk}, \quad (4)$$

$P_{вмik}$ – вероятность выполнения персоналом i -го рубежа защиты мероприятий по защите на объекте k -й категории;

$P_{борik}$ – вероятность безотказной работы технических средств в составе i -го рубежа защиты на объекте k -й категории;

$P_{ззik}$ – вероятность своевременного получения сигнала тревоги о проникновении через i -й рубеж защиты, принятия решения и прибытия группы задержания на объект k -й категории [1].

В соответствии с выражением (3), вероятность защиты объекта зависит от средних значений пяти параметров, которые характеризуют:

$P_{оби}$ – обнаружительную способность охранного извещателя;

$P_{обхijk}$ – квалификацию нарушителя;

$P_{вмik}$ – дисциплинированность персонала объекта;

$P_{борik}$ – функциональную готовность технических средств;

$P_{ззik}$ – функциональную готовность службы охраны нейтрализовать нарушителя.

Поэтому вероятность защиты оказывается меньше вероятности обнаружения даже неподготовленного нарушителя. Например, при $P_{оби} = 0,9$; $P_{нобхijk} = 1$; $P_{вмik} = 0,97$; $P_{борik} = 0,97$; $P_{ззik} = 0,95$ получим $P_{zijk} = 0,8$.

При посягательстве *подготовленных нарушителей* увеличивается условная вероятность их пропуска системой защиты объекта:

$$P_{npijk} = 1 - P_{zijk} (P_{обх}). \quad (5)$$

Этому способствуют следующие особенности поведения подготовленных нарушителей

Нарушитель осуществляет предварительно разведку системы защиты объекта и выбирает объект с пониженной вероятностью защиты по вине персо-

нала объекта или отказов технических средств. Ещё более подготовленный нарушитель учитывает сходство между различными рубежами защиты, например, из-за подобных принципов действия охранных извещателей, использование в целях экономии общих для всех рубежей защиты каналов передачи сигналов тревоги и одной группы задержания нарушителя. Квалифицированный нарушитель учитывает не только уязвимые места системы защиты, но и может изменить функции работоспособной системы защиты и совершить тем самым обход рубежей защиты.

Взаимодействие потока внешних подготовленных нарушителей и системы физической защиты может быть описано следующей теоремой.

Теорема 4. При воздействии входного пуассоновского потока попыток нарушений физической безопасности объекта поведение внешних подготовленных нарушителей и системы многорубежной защиты описывается четвёртым уравнением безопасности:

$$P_{nptc} = \lambda \sum_{j=1}^3 D_j \prod_{i=1}^m P_{npj_i} F_{ji}, \quad (6)$$

где P_{nptc} – суммарная вероятность успешного посягательства на объект нарушителей трёх категорий подготовленности через m рубежей защиты;

λ – интенсивность потока посягательств нарушителей;

D_j – доля попыток проникновения нарушителя i -й категории подготовленности;

m – количество рубежей защиты;

P_{npj_i} – условная вероятность пропуска нарушителя j -й категории i -м рубежом защиты;

F_{ji} – коэффициент ухудшения защиты i -м рубежом от нарушителя j -й категории при увеличении степени его подготовленности;

$$F_{ji} = 1 + k_{ji}^2 V_{ji} / \sqrt{P_{npj_{(i-1)j}}}, \quad (7)$$

$V_{ji} = \sigma_{ji} / m_{ji}$ – коэффициент вариации оценки условной вероятности пропуска нарушителя j -й категории i -м рубежом защиты в смысле (5);

σ_{ji} и m_{ji} – среднеквадратическое отклонение и среднее значение оценки вероятности пропуска (5);

$P_{npj_{(i-1)j}}$ – интенсивность потока попыток нарушителей j -й категории на выходе $(i-1)$ -го рубежа защиты.

В частности, при $i = 1$ интенсивность потока попыток на входе 1-го рубежа защиты

$$P_{npj_{0j}} = \lambda D_j; \quad (8)$$

при $i = 2$ интенсивность потока попыток на входе 2-го рубежа защиты

$$P_{npj_{1j}} = \lambda D_j P_{npj_1} F_{j1}, \quad (9)$$

где P_{npj_1} – условная вероятность пропуска 1-го рубежа защиты в смысле (5).

Доказательство

При $D_j \ll 1$, $T = 1$ и $\lambda \leq 1$ из (2) следует, что вероятность попыток проникновения определяется соотношением

$$P_{no} = \lambda D_j. \quad (10)$$

Взаимодействие входного случайного процесса попыток проникновения и случайной величины вероятности пропуска рубежа защиты можно описать в виде их произведения. Преобразуем известную из теории вероятностей формулу для статистического среднего произведения двух случайных величин

$$\langle X_1 \cdot X_2 \rangle = M_1 \cdot M_2 + k^2 \sigma_1 \sigma_2, \quad (11)$$

тогда получим

$$\langle X_1 \cdot X_2 \rangle = M_1 \cdot M_2 (1 + k^2 V_1 V_2), \quad (12)$$

где M_1, M_2 – средние значения случайных величин;

σ_1, σ_2 – среднеквадратические значения случайных величин;

V_1, V_2 – коэффициенты вариации случайных величин;

k – нормированный коэффициент линейной корреляции двух случайных величин.

Если X_1 – случайное значение оценки вероятности пропуска первого рубежа защиты, тогда $M_1 = P_{npj1}$ – среднее значение вероятности пропуска первого рубежа защиты, а V_1 – коэффициент вариации оценки вероятности пропуска первого рубежа защиты.

Если X_2 – случайный процесс на входе первого рубежа защиты, тогда для пуассоновского потока попыток проникновения с интенсивностью λD_j с средним значением $M_2 = \lambda D_j$ и среднеквадратическим значением $\sigma_2 = \sqrt{\lambda D_j}$ значение его коэффициента вариации составит $V_2 = 1 / \sqrt{\lambda D_j}$.

В результате на основе (10) и (12) получим искомое выражение для интенсивности потока нарушений на выходе первого рубежа защиты

$$P_{npjов} = \lambda D_j P_{npj1} (1 + k^2 V_1 1 / \sqrt{\lambda D_j}). \quad (13)$$

Аналогичным образом получают выражения для P_{npjiv} на выходе второго и последующих рубежей защиты при проникновении нарушителей различных категорий и искомые выражения (6) и (7).

Для исследования характеристик системы защиты проведены расчёты при $\lambda = 1$, $D_j = 0,3$, $V_{ji} = 0,25$, $P_{npj i} = 0,2$ и $P_{обх} = 0$ зависимости вероятности пропуска каждого рубежа защиты $P_{npj i} = P_{npj i} F_{ji}$ от коэффициента корреляции k при $i = 1, 2, 3, 4$. Результаты расчётов представлены на рис. 1, из рассмотрения которого следует, что эффективность многорубежной защиты от подготовленного нарушителя падает при $i > 3$.

На рис. 2 показана такая же зависимость, но при $P_{обх} = 0,25$.

Из сопоставления этих рисунков следует, что способность внешнего подготовленного нарушителя совершать обход рубежей в большей степени увеличивает вероятность пропуска.

Ещё большее увеличение вероятности пропуска следует ожидать в случаях проникновения внутреннего нарушителя, который может выбрать точку входа существенно ближе к месту хранения материальных ценностей.

Вероятность пропуска, $P_{обх} = 0$

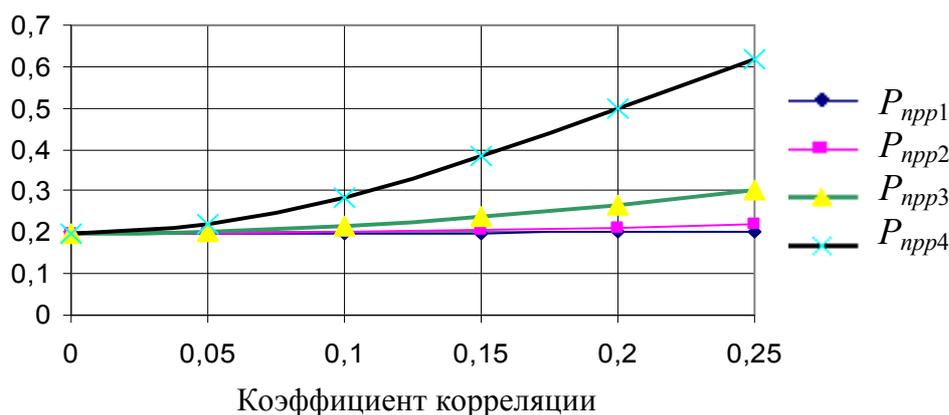


Рис. 1. Зависимости вероятности пропуска рубежей защиты от коэффициента корреляции

Вероятность пропуска, $P_{обх} = 0,25$

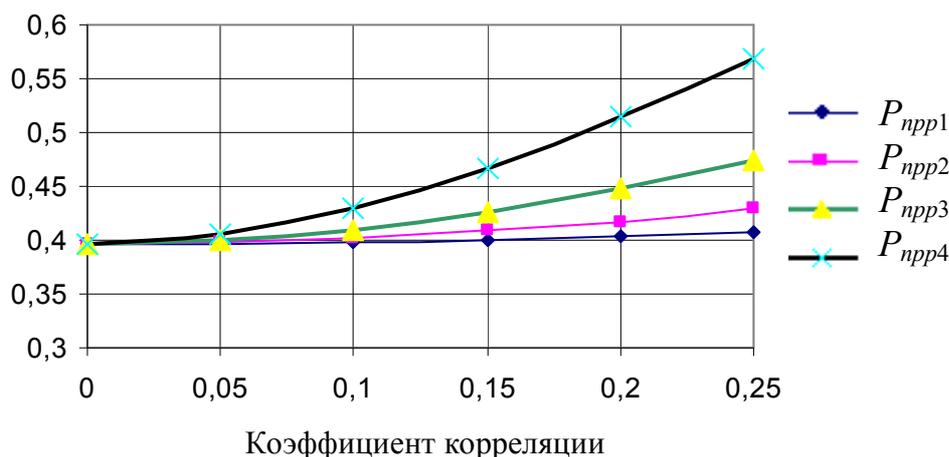


Рис. 2. Зависимости вероятности пропуска рубежей защиты от коэффициента корреляции с учётом вероятности обхода

Следствие

При распределении точек входа внутренних нарушителей по всей территории объекта из уравнения безопасности (6) следует выражение для вероятности успешных посягательств внутренних нарушителей:

$$P_{нптс} = \lambda \sum_{j=1}^3 D_j \sum_{\chi=1}^m G_{\chi} \prod_{i=\chi}^m P_{npj_i} F_{ji}, \quad (14)$$

где G_{χ} – распределение вероятностей точек входа χ внутренних нарушителей.

Для учёта степени подготовленности внутреннего нарушителя может быть использована функция экспоненциального распределения вероятностей точек входа (рис. 3)

$$G_{\chi} = G_0 \exp\{\gamma \cdot \chi\}, \quad (15)$$

где G_0 – коэффициент нормировки распределения вероятностей;

γ – степень подготовленности внутреннего нарушителя;

χ – порядковый номер точки входа от периметра территории объекта в сторону места сосредоточенного расположения материальных ценностей.

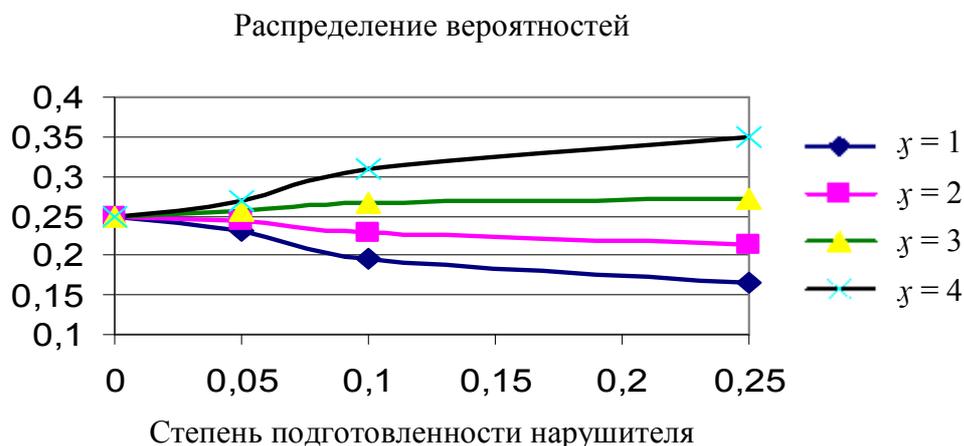


Рис. 3. Распределение вероятностей точек входа

Чем выше степень подготовленности нарушителя, тем ближе он выберет точку входа к месту расположения материальных ценностей.

Для комплексной оценки подготовленности внутреннего нарушителя предложен показатель $\Pi_{вну}$, который зависит от степени подготовленности, вероятности обхода и коэффициента корреляции в следующем виде:

$$\Pi_{вну} = \gamma, \quad \text{при } \gamma = P_{обх} = k. \quad (16)$$

На рис. 4 представлена зависимость суммарной вероятности пропуска внутренних и внешних нарушителей от показателей их подготовленности при $m = 4$.

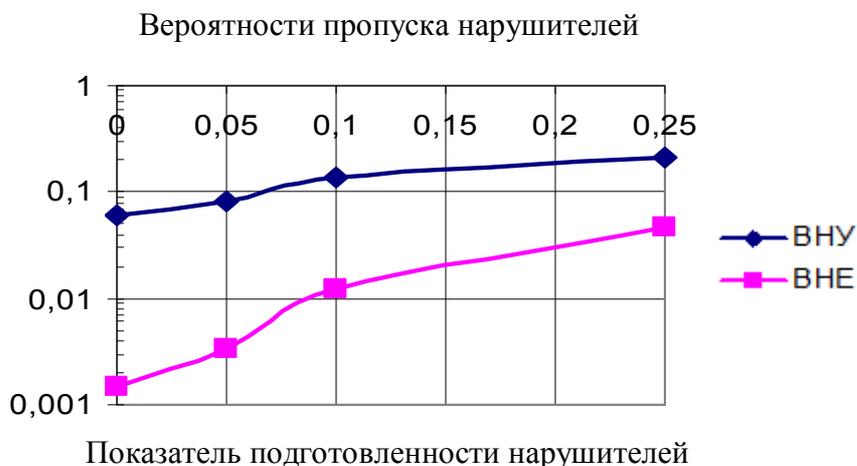


Рис. 4. Зависимость вероятности пропуска нарушителей от показателя их подготовленности

Из рассмотрения этой зависимости следует, что эффективность защиты от квалифицированного внутреннего нарушителя определяется последним рубежом защиты и существенно ниже эффективности защиты от внешнего нарушителя. Поэтому на последнем рубеже защиты желательно применять охранные извещатели с повышенной вероятностью обнаружения.

Полученные теоретические зависимости при наличии статистических данных могут быть применены для обоснования категорирования нарушителей физической безопасности.

Вывод. Выявлена теоретически связь между характеристиками нарушителя и многорубежной физической защиты, показана возможность оценки степени подготовленности внешних и внутренних нарушителей.

Литература

1. *Шепитько Г.Е.* Проблемы охранной безопасности объектов: монография. 2-е изд. М.: АЭБ, 2010. 208 с.