

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Костин В.Н., Шевченко С.Н.

В статье определяется необходимый уровень требований к СФЗ в зависимости от стоимости объекта (категории объекта) и типа угрозы (интенсивности и величины ущерба). Построена пространственно-временная имитационная модель функционирования СФЗ. В результате проведения план эксперимента на модели получено аналитическое уравнение потерь стоимости объекта от воздействия угроз и затрат на СФЗ. По экстремальной точке функции затрат определялись требования к параметрам СФЗ.

Ключевые слова: система физической защиты, имитационная модель, планирование эксперимента, градиент.

Введение

Концептуальная модель СФЗ предназначена для определения необходимых требований к уровню безопасности объекта в зависимости от его важности (стоимости), стоимости СФЗ и типа угрозы (интенсивности и степени воздействия). В качестве требований к СФЗ определены следующие частные показатели эффективности: вероятность обнаружения угрозы P_0 , вероятность своевременного прибытия группы нейтрализации $P_{свп}$. Последнее требование зависит от вероятности обнаружения, кроме того, они могут обеспечить одну и ту же эффективность, внося разный вклад в эффективность СФЗ, и поэтому должны быть согласованы между собой. В настоящее время задача задания вышеперечисленных требований решается в основном экспертным путем, что вносит в процедуру задания требований к СФЗ элемент субъективности и необоснованности. Методика применяется только на этапе проектирования СФЗ.

Типичная зависимость уровня ущерба от стоимости СФЗ, полученная при условии уменьшения вероятности нанесения ущерба $P_{ущ}$ (уменьшение уязвимости P_y), с ростом стоимости СФЗ приведена на рис. 1 [3]. Из рис. 1 следует, что кривая ущерба в некоторой точке имеет наименьшее значение, которое можно считать оптимальным ($C_{опт}$). Эта кривая ущерба и называется функцией риска. Рост затрат на СФЗ выше оптимального значения ведет к увеличению суммарных затрат. В этом случае повышение надежности СФЗ и соответствующее

снижение вероятности ущерба нивелируется чрезмерно высокой стоимостью самой СФЗ.



Рис. 1. Зависимость ущерба от стоимости СФЗ

Поэтому наилучшей стратегией, видимо, является использование СФЗ, обеспечивающей минимум суммарных затрат. Экономически оптимальная СФЗ снижает суммарные ожидаемые потери примерно на порядок по сравнению с базовыми решениями.

Вид и характер поведения целевой функции ущерба известен, однако параметры целевой функции неизвестны, то есть нельзя определить минимум функции. Получение аналитического выражения, описывающего модель функционирования СФЗ с учетом характеристик обнаружения угрозы, вероятности своевременного и точного прибытия группы нейтрализации, составляет непреодолимую сложность. Поэтому использовалась имитационная модель функционирования СФЗ. Использование марковской модели невозможно, так как не выполняется условие марковости для переходов между событиями. Полумарковские модели чрезвычайно сложны в описании и требуют постоянного уточнения в процессе моделирования.

Постановка задачи

Для определения оптимальных значений параметров целевой функции, а следовательно, и параметров проектируемой СФЗ необходимо:

- построить имитационную пространственно-временную модель функционирования СФЗ и оценить ее адекватность;

- сформировать план проведения активного эксперимента, на основе которого с помощью неоднократного моделирования необходимо получить данные для проведения регрессионного анализа;

- получить аналитическое уравнение потерь стоимости объекта от воздействия угроз и затрат на СФЗ, провести его анализ;

- смещая центр плана в сторону антиградиента, последовательно получать новую аналитическую модель с меньшим значением потерь. Как только градиент изменит направление, в этой области необходимо найти точку с минимальным значением потерь;

- по центральной точке плана эксперимента определить требуемые значения параметров проектируемой СФЗ.

Решение задачи

Рассмотрим предметную область моделирования. Согласно [2], к основным функциям СФЗ относятся:

- обнаружение, включая обнаружение вторжения техническими средствами; обеспечение связи средств обнаружения силами охраны и оценку тревожной ситуации;

- задержка;

- действия сил охраны (развертывание, пресечение противоправного действия).

К функции обнаружения относится также оповещение с помощью технических средств о тайных или явных действиях нарушителей.

Выполнение функции задержки состоит в замедлении продвижения нарушителей по объекту. Эффективность выполнения функции задержки измеряется длительностью времени, необходимого нарушителям (после их обнаружения) для преодоления каждого из элементов задержки. Задержка нарушителей до их обнаружения не повышает эффективности СФЗ, так как она не предоставляет охране дополнительного времени на развертывание своих сил и перехват.

Ответные действия сил охраны включают в себя перехват и нейтрализацию нарушителей. Перехват определяется как прибытие сил охраны на тот участок территории объекта, где они могут остановить продвижение нарушителей. Эффективность выполнения функций сил охраны определяется временем развертывания сил охраны, вероятностью развертывания сил охраны на пути нарушителей и вероятностью успешного исхода столкновения сил охраны с нарушителями [6].

Таким образом, СФЗ должна выполнять функции обнаружения, задержки и ответного действия. Эти функции должны быть выполнены на протяжении интервала времени меньшего, чем продолжительность времени, необходимого нарушителям для выполнения их задачи.

Имитационная модель включает объект, систему угроз и СФЗ, которая, в свою очередь, включает системы обнаружения и системы нейтрализации угрозы.

Считаем, что на предыдущих этапах проектирования СФЗ проведено категорирование объекта охраны и выявлена типовая базовая угроза для объекта и интенсивность ее проявления λ_1 , которая в данной задаче принята один раз в год. Входом в модель является стоимость СФЗ как функция от вероятности обнаружения P_0 , коэффициента задержки K_z и коэффициента своевременного прибытия группы нейтрализации $K_{свп}$, а также стоимость объекта C , стоимость ущерба от воздействия угрозы и интенсивность воздействия типовой угрозы.

Концептуальная модель функционирования СФЗ представлена на рис. 2, где λ_1 – интенсивность прогнозируемой угрозы; P_0 – вероятность обнаружения угрозы; $P_{свп}$ – вероятность своевременного прибытия группы нейтрализации; P_3 – вероятность потерь ресурсов объекта (реализации угрозы); $1 - P_0$ – вероятность необнаружения угрозы; P_4 – вероятность несвоевременного прибытия группы нейтрализации (вероятность реализации угрозы).

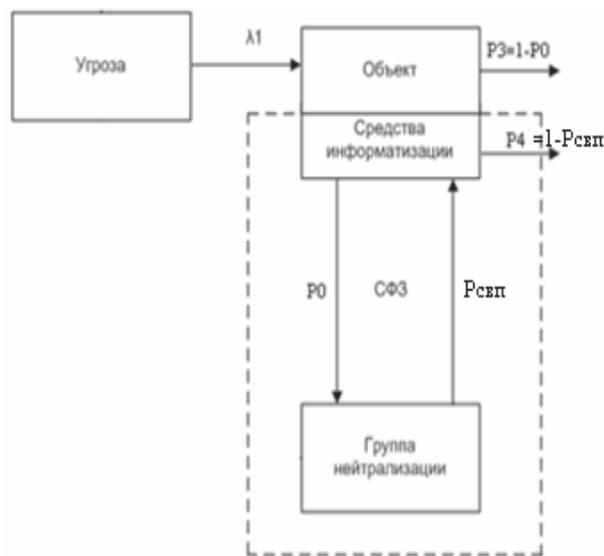


Рис. 2. Модель функционирования СФЗ

Из перечисленных потоков моделируется только один входной поток λ_1 , а остальные вероятности переходов являются производными в за-

висимости от условий возникновения ситуации. Дальнейшая детализация модели нецелесообразна, так как модель переходит из концептуальной в принципиальную, которая используется для оценки уже существующей или спроектированной СФЗ.

Рассмотрим математические посылки имитационного моделирования.

Учитывая принцип зональности при построении СФЗ, сценарий взаимодействия угрозы и группы нейтрализации представим на рис. 3. Моделируется две величины: время атаки угрозы и время реакции СФЗ на угрозу. По их соотношениям формируется результат работы СФЗ. Время атаки состоит из случайного времени преодо-

ления зоны обнаружения T_1 и случайного времени преодоления зоны задержки T_2 .

В виду того, что эти участки преодолеваются угрозой первый раз (нет опыта преодоления этого участка), поэтому время преодоления зоны обнаружения и зоны задержания составляет большую неопределенность. Никакой статистики по закону распределения времени преодоления неизвестного участка нет. Проведенный эксперимент для определения закона распределения времени перемещения на участке без опыта его преодоления показал, что экспериментальные данные не противоречат нормальному закону распределения. Интервалы времени преодоления зоны обнаружения и зоны задержания формируются по нормальному закону в соответствии с рис. 3.

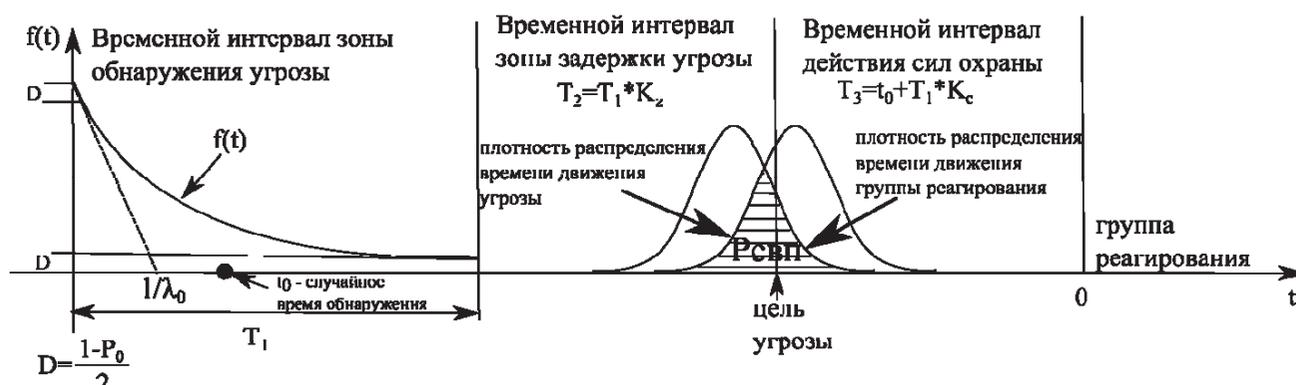


Рис. 3. Сценарий взаимодействия угрозы и группы перехвата

Математическое ожидание интервала времени обнаружения T_1 определялось из экспоненциального закона обнаружения в соответствии с заданным уровнем вероятности обнаружения (см. рис. 3). Это положение взято из теории обнаружения радиолокационных целей [6]. Если в течение этого времени угроза не обнаружена, то считается, что произошел несанкционированный доступ, наступило событие P_3 . Величина моделируемого времени T_1 является относительной величиной и не имеет единиц измерения.

Интервал времени T_2 связан с интервалом T_1 через коэффициент K_2 , учитывающий степень подготовки угрозы и степень оснащённости объекта заградительными средствами. Общее время движения угрозы будет складываться из случайных величин T_1 и T_2 , которые моделируются по нормальному закону.

Рассмотрим процесс реакции СФЗ на угрозу. Вероятность обнаружения угрозы зависит от длительности времени пребывания на объекте и подчиняется экспоненциальному закону распределения [6]:

$$P_0 = 1 - e^{-\lambda_0 t} \tag{1}$$

В (1) интенсивность выступает как параметр закона распределения и характеризует эффективность системы обнаружения. Далее необходимо от вероятности обнаружения перейти во временную шкалу времени обнаружения (нас интересует интенсивность в единицу времени). Выразим из формулы (1) величину λ_0 , осуществляя нормализацию для единицы времени, то есть примем $t = 1$. Тогда интенсивность будет зависеть от вероятности обнаружения и определяться по формуле:

$$\lambda_0 = -\ln(1 - P_0), \tag{2}$$

где P_0 – заданная вероятность обнаружения возникновения. Тогда в соответствии с заданной интенсивностью обнаружения λ_0 случайное время обнаружения будет определяться по формуле

$$t_0 = -\frac{1}{\lambda_0} \ln(1 - R), \tag{3}$$

где R – случайная величина, распределенная по равномерному закону в интервале от 0 до 1. После подстановки (2) в (3) получаем случайное время обнаружения угрозы в виде зависимости

$$t_0 = \frac{\ln(1-R)}{\ln(1-P_0)}, \quad (4)$$

то есть от вероятности обнаружения перешли к нормированному среднему времени обнаружения. После формирования случайной величины t_0 , формируется случайный интервал времени T_3 – это математическое ожидание времени движения до охраняемого элемента объекта после обнаружения, которое будем определять в соответствии с рис. 3.

С момента времени t_0 (после обнаружения вторжения) начинает функционировать система нейтрализации нарушителя. Вероятность своевременного прибытия для нейтрализации вторжения зависит от момента обнаружения проникновения нарушителя. Чем позднее время обнаружения, тем меньше вероятность своевременного прибытия, то есть вероятность обнаружения и вероятность своевременного прибытия функционально зависимы.

Время движение группы нейтрализации угрозы моделируется по нормальному закону, так как многократное (тренированное) перемещение по известному изученному участку территории – это определенная работа, а время выполнения работы подчинено нормальному закону распределения [7].

Будем полагать, что группа реагирования находится на нормированном удалении от элемента охраны ближе, чем временное расстояние между границей объекта и элементом охраны – то есть математическое ожидание времени движения группы нейтрализации составит T_3 . В противном случае эффективность нейтрализации угрозы группой реагирования будет равна нулю. Математическое выражение для определения среднего времени реакции системы противодействия имеет вид:

$$T_3 = t_0 + T_1 K_c, \quad (5)$$

где K_c – коэффициент, учитывающий среднее время удаления группы реагирования от критического элемента объекта охраны. Этот коэффициент вместе с коэффициентом K_z определяет вероятность своевременного прибытия группы нейтрализации $P_{свн}$.

Так как среднее квадратичное отклонение нам неизвестно, то будем считать, что распределение

относительно математического ожидания будет укладываться в шесть σ (правило «трех сигма»). Вероятность своевременного прибытия группы реагирования $P_{свн}$ определяем как среднее статистическое значение случаев успешного реагирования на обнаруженные угрозы.

Для оценки эффективности СФЗ процесс моделирования проводился 10^4 раз. Адекватность модели подтверждается корректным описанием процесса функционирования и применением хорошо апробированного математического аппарата. Адекватность модели проверялась в точке равновесия системы при $P_{свн} = 0,5$ и $P_0 = 0,5$; при этом в среднем получили 240 реализаций угроз успешных и 760 неуспешных, то есть результат не противоречит физической сущности функционирования СФЗ.

Расходы на СФЗ могут составлять 10-20% от стоимости охраняемого объекта [3]. При отсутствии данных о величине затрат на СФЗ в зависимости от вероятности обнаружения и своевременного прибытия группы нейтрализации и величине ущерба от реализации угрозы примем допущения:

- стоимость СФЗ связана линейно с вероятностью обнаружения угрозы. Стоимость СФЗ увеличивается на 1% от стоимости объекта при увеличении вероятности обнаружения на 0,1;
- стоимость СФЗ связана с коэффициентами K_c и K_z также линейно (определяют вероятность своевременного прибытия группы нейтрализации). Стоимость СФЗ увеличивается на 0,4% и 0,7% от стоимости объекта при увеличении, соответственно, K_c и K_z на 0,1;
- ущерб от проникновения угрозы составляет 30% от стоимости объекта C .

Тогда текущая годовая цена потерь от реализации угроз и обслуживания СФЗ определяется по формуле

$$Ц = C [0,3M + 0,1P_0 + 0,04(1 - K_c) + 0,07K_z] + C_0,$$

где M – среднее количество реализованных угроз в год; $C = 10^8$ руб. – стоимость объекта; C_0 – стоимость СФЗ, связанная с постоянными расходами, не зависящая от ее оперативных свойств (например, расход на электроэнергию, заработная плата персонала, техническая диагностика), $C_0 = 0,03 C$; K_c – коэффициент стоимости СФЗ, связанный удаленностью охраняемого элемента и караула СФЗ (при $k = 0$, караул находится в непосредственной близости от охраняемого элемента); K_z – коэффициент стоимости СФЗ, связанный со сте-

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента

| № опыта | Кодированные входные факторы (управляемые переменные) | | | | | | | |
|---------|---|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₁ X ₂ | X ₁ X ₃ | X ₂ X ₃ | X ₁ X ₂ X ₃ |
| 1 | + | - | - | - | + | + | + | - |
| 2 | + | + | - | - | - | - | + | + |
| 3 | + | - | + | - | - | + | - | + |
| 4 | + | + | + | - | + | - | - | - |
| 5 | + | - | - | + | + | - | - | + |
| 6 | + | + | - | + | - | + | - | - |
| 7 | + | - | + | + | - | - | + | - |
| 8 | + | + | + | + | + | + | + | + |

пению оснащенности объекта заградительными средствами.

Для получения уравнения регрессии затрат на СФЗ и потерь системы от проникновения угроз формировалась полная матрица планирования эксперимента (см. таблицу 1), в которой x_1, x_2, x_3 это соответственно факторы P_0, K_z, K_c , а $x_1x_2; x_1x_2x_3; x_2x_3; x_1x_2x_3$ означает взаимодействие соответствующих факторов. Таким образом, уравнение приближенной регрессии будет иметь вид

$$\bar{y} = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (7)$$

Если полученная линейная модель неадекватна, это значит, что не удастся аппроксимировать поверхность отклика плоскостью. В этом случае или уменьшают интервалы варьирования, или выбирают другую точку в качестве базового уровня, либо используют нелинейную модель.

Так как в полученном уравнении число оцениваемых коэффициентов регрессии равно числу опытов N , следовательно, степеней свободы для проверки его адекватности нет. Поэтому статистический анализ начинался с проверки значимости коэффициентов по t – критерия для уровня значимости 0,05. Если же все оценки коэффициентов регрессии окажутся значимыми, то есть будет выполняться условие, то в данном случае, очевидно, более корректно будет уменьшить интервалы варьирования входных факторов и вновь провести эксперимент.

По коэффициентам функции можно только определить направление движения базовой точки для уменьшения функции потерь, но оптимальные значения параметров не определим, так как функция определена только в области варьирова-

ния параметров. Методологически данная задача решается следующим образом.

1. Определяется градиент функции, и точка центра плана эксперимента перемещается в направлении антиградиента на границу области определения.

2. В данной точке вновь строится план проведения эксперимента и производится моделирование для получения нового уравнения регрессии.

Операции 1 и 2 повторяются до тех пор, пока градиент функции не изменит знак на противоположный. Это и будет минимальное значение затрат на СФЗ. По мере приближения к оптимальному значению функции свободный член будет уменьшаться (затраты уменьшаются), коэффициенты уравнения так же будут уменьшаться. С геометрической точки зрения это свидетельствует о приближении описываемой плоскости к впадине выпуклой поверхности.

На основе теоретического материала и входных экспериментальных данных с помощью программных средств была построена модель СФЗ. Начальную базовую точку выбрали как $P_0 = 0,6; K_c = 0,4; K_z = 0,6$. После моделирования в каждой точке плана получили данные затрат на СФЗ, представленные на рис. 4 (см. первую – третью колонки). Определялись средние значения и дисперсии в каждой точке плана. Среднее значение опытных данных представлены в четвертой колонке на рис. 4.

Для оценки однородности дисперсий определялось расчетное значения G -критерия Кохрена по формуле $G = \frac{S_j^2 \max}{\sum_{j=1}^N S_j^2} = 0,189$. Критическое значение G -критерия по таблице для уровня значимос-

ти $\alpha = 0,05$; числа степеней свободы $f = l - 1 = 2$ и числа суммируемых оценок N :

$$G_{табл}(\alpha = 0,05; N = 8; f = 2) = 0,5127.$$

Так как расчетное значение меньше табличного критического значения, то гипотеза об однородности ряда выборочных дисперсий выходного параметра не отвергается. Это означает, что значимых различий нет и в качестве оценки дисперсии воспроизводимости эксперимента можно взять среднюю дисперсию, то есть

$$S^2_{воспр} = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N} = 2,055 \cdot 10^{11};$$

$f_{воспр} = N(l-1) = 16$, где l — число опытов в каждой точке плана. Поскольку все предпосылки для проведения множественного регрессионного

анализа выполняются, можно приступить к расчету коэффициентов уравнения регрессии. Коэффициенты уравнения регрессии определяются по формуле $b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ji} \bar{y}_{j0}$.

Таким образом, уравнение приближенной регрессии будет иметь вид:

$$\bar{y} = 28905000 - 587500P_0 + 385000K_c - 435000K_z + 80000P_0K_c - 77500P_0K_z + 55000K_cK_z - 100000P_0K_cK_z.$$

Статистический анализ уравнения регрессии. Так как в полученном уравнении число оцениваемых коэффициентов регрессии равно числу опытов N и степеней свободы для проверки его адекватности нет, то статистический анализ начнем с проверки значимости коэффициентов.

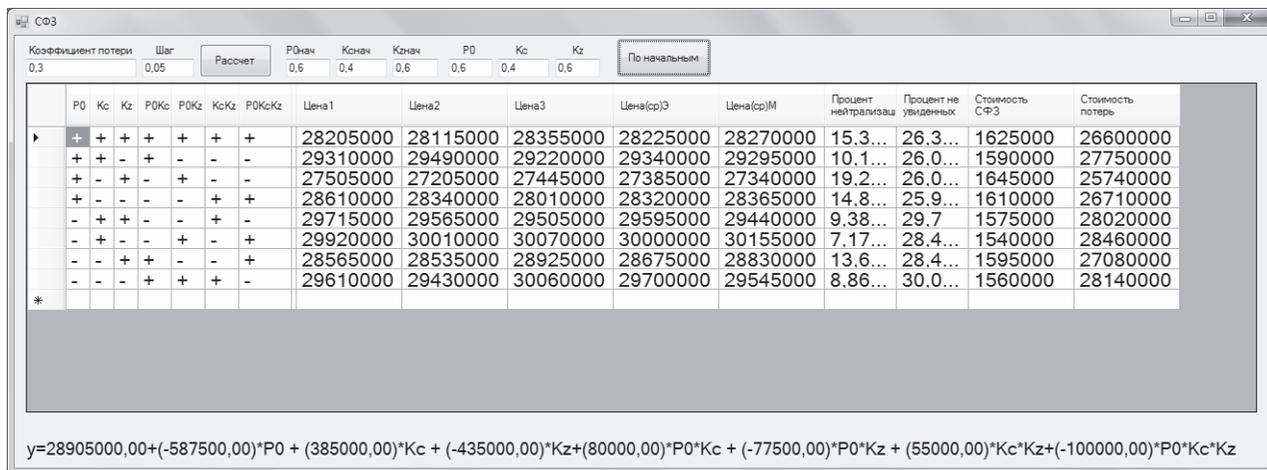


Рис. 4. Пример реализации модели СФЗ

Проверка значимости оценок коэффициентов регрессии:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}; \quad S_{b_i} = \frac{S_y}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{S^2_{воспр}}{lN}};$$

$$S_{b_i} = 104208,32; \quad t_{0,расч} = 37328;$$

$$t_{1,расч} = 9,5; \quad t_{2,расч} = 6,2;$$

$$t_{3,расч} = 5,3; \quad t_{12,расч} = 0,08;$$

$$t_{13,расч} = 1,02; \quad t_{23,расч} = 0,01;$$

$$t_{123,расч} = 0,5.$$

Проверка статистической гипотезы вида:

$$H_0 : b_i = 0; \quad H_1 : b_i \neq 0.$$

Определяем табличное значение критерия t -критерия:

$$f = f_{воспр} = 16; \quad t_{табл}(0,05; f = 16) = 1,75.$$

Сравниваем расчетные значения t -критерия с критическим табличным значением. Коэффициенты, для которых выполняется условие $t_{расч} > t_{табл}$, следует признать статистически значимыми и оставить в уравнении регрессии, а все остальные исключить. Уравнение регрессии принимает вид

$$\bar{y} = 28905000 - 587500P_0 + 385000K_c - 435000K_z.$$

Проверка адекватности уравнения регрессии по результатам эксперимента. Определяем расчетное значение F -критерия:

$$F_{расч.S} = \frac{S^2_{ад}}{S^2_{воспр}}; S^2_{воспр} = 2,055 \cdot 10^{11}; f_{воспр} = 16;$$

$$S^2_{ад} = \frac{1 \sum_{j=1}^N (\bar{y}_{jэ} - \bar{y}_j)^2}{N - h},$$

где h – число коэффициентов в уравнении. Определим значения оценок выходного параметра y_j по результатам вычислений с использованием полученного уравнения приближенной регрессии. Результаты представлены в пятой колонке рисунка 4.

Вычисляем оценку дисперсии адекватности $S^2_{ад} = 1,80375 \cdot 10^{10}$. Расчетное значение F -критерия есть $F_{расч} = \frac{S^2_{ад}}{S^2_{воспр}} = 0,126$.

С целью проверки статистической гипотезы об адекватности определяем из таблицы критическое значение F -критерия для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и степеней свободы числителя $f_1 = N - h = 4$ и знаменателя $f_2 = 16$; $F_{табл} = 4,68$. Далее сравниваем расчетное и табличное значения F -критерия:

$$F_{расч} = 0,126 < F_{табл} = 4,68.$$

Таким образом, полученное уравнение приближенной регрессии адекватно описывает исследуемый процесс, то есть математическая модель (полином) хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Получив уравнение регрессии со значимыми коэффициентами, перейдем к этапу определения оптимальных коэффициентов (показателей) СФЗ. Для этого будем варьировать входные параметры модели $P_0; K_z$ в сторону увеличения тех, так как имеют отрицательный коэффициент, и уменьшение параметров с положительными коэффициентами K_c (8):

$$\bar{y} = 28905000 - 587500P_0 \uparrow + 385000K_c \downarrow - 435000K_z \uparrow; \tag{8}$$

то есть план эксперимента (базовую точку) будем смещать в сторону минимума по антиградиенту функции (см. рис. 5) и получать новые уравнения для очередной точки.

После нескольких итераций моделирования и перемещения базовой точки плана эксперимента

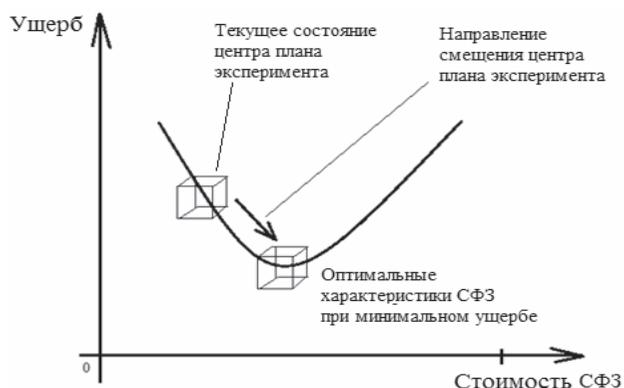


Рис. 5. Смещение плана эксперимента по функции риска

| СФЗ | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----|------|------|-------|------|--------|---------|---------|---------|---------------|-----------|-----------------------|----------------------|---------------|------------------|
| Коэффициент потерь | | Шаг | | Р0нач | | Кснач | | Kzнач | | По начальным | | | | | |
| 0,3 | | 0,05 | | 0,6 | | 0,4 | | 0,6 | | 0,9 0,05 0,65 | | | | | |
| P0 | Kc | Kz | P0Kc | P0Kz | KcKz | P0KcKz | Цена1 | Цена2 | Цена3 | Цена(ср)Э | Цена(ср)М | Процент нейтрализации | Процент не увиденных | Стоимость СФЗ | Стоимость потерь |
| + | + | + | + | + | + | + | 3390000 | 3330000 | 3240000 | 3320000 | 3405000 | 99,7... | 3,83... | 2100000 | 1220000 |
| + | + | - | + | - | - | - | 3295000 | 3685000 | 3445000 | 3475000 | 3390000 | 99,4... | 4,16... | 2065000 | 1410000 |
| + | - | + | - | + | - | - | 3230000 | 3530000 | 3350000 | 3370000 | 3285000 | 100 | 4,16... | 2120000 | 1250000 |
| + | - | - | - | + | + | + | 3015000 | 3135000 | 3405000 | 3185000 | 3270000 | 99,7... | 3,43... | 2085000 | 1100000 |
| - | + | + | - | - | + | - | 4870000 | 4510000 | 4960000 | 4780000 | 4892500 | 98,1... | 7,4 | 2050000 | 2730000 |
| - | + | - | - | + | - | + | 5495000 | 4925000 | 5555000 | 5325000 | 5212500 | 97,3... | 8,63... | 2015000 | 3310000 |
| - | - | + | + | - | - | + | 4290000 | 4560000 | 4650000 | 4500000 | 4387500 | 99,0... | 7,2 | 2070000 | 2430000 |
| - | - | - | + | + | + | - | 4495000 | 4525000 | 4765000 | 4595000 | 4707500 | 98,5... | 7,2 | 2035000 | 2560000 |

$y = 4068750,00 + (-731250,00) \cdot P_0 + (156250,00) \cdot K_c + (-76250,00) \cdot K_z + (-96250,00) \cdot P_0 \cdot K_c + (83750,00) \cdot P_0 \cdot K_z + (-98750,00) \cdot K_c \cdot K_z + (13750,00) \cdot P_0 \cdot K_c \cdot K_z$

Рис. 6. Модель СФЗ с оптимальными параметрами

получили уравнение регрессии с минимальными по модулю коэффициентами (см. рис. 6). Из этого следует, что мы достигли минимальных параметров функции оценки ущерба (9). Представлено полное уравнение, чтобы оценить влияние взаимодействия факторов.

$$\bar{y} = 4068750 - 731250P_0 + 156250K_c - 76250K_z - 96250P_0K_c + 83750P_0K_z - 98750K_cK_z + 13750P_0K_cK_z. \quad (9)$$

В полученной области определения (в объеме куба) определялась точка с минимальным значением функции ущерба (риска)

Выводы

При проектировании СФЗ для данного объекта необходимо задать следующие величины параметров СФЗ:

- вероятность обнаружения угрозы $P_0 = 0,9$;
- коэффициент задержки угрозы $K_z = 0,6$;
- коэффициент расположения группы нейтрализации $K_c = 0,05$.

Приведенные значения коэффициентов K_z и K_c обеспечивают вероятность своевременного прибытия группы нейтрализации $P_{свн} = 0,96$.

Достоинства данной модели в том, что здесь устранен недостаток подхода [1] и эффективность СФЗ определяется вероятностью успешного функционирования системы по формуле

$$P_y = P_0 P_{св} P_{н.удер} \quad (10)$$

как произведение последовательных событий: вероятности обнаружения, вероятности своевременного прибытия и вероятности нейтрализации и удержания. Однако вероятность своевременного прибытия существенно зависит от вероятности обнаружения

(является функцией вероятности обнаружения), поэтому данная формула является некорректной и может допускать ошибку при расчетах. Показатель $P_{н.удерж}$ в данной статье не исследуется, так как является отдельным разделом математики, и для упрощения рассуждений (как и в имитационной модели) принимаем $P_{н.удерж} = 1$. Недостатком модели является то, что надежность и достоверность результатов моделирования существенно зависят от точности и обоснованности входных данных, а именно от зависимости показателей эффективности СФЗ от затрат для достижения этого уровня эффективности.

Литература

1. Бояринцев А.В., Бражник А.Н., Зуев А. Г. Проблемы антитерроризма: Категорирование и анализ уязвимости объектов. СПб.: ЗАО НПП «ИСТА-Системс», 2006. – 252 с.
2. Вишнякова Т.О., Васильев В.И. Анализ эффективности систем физической защиты при помощи марковской сетевой модели // Вестник УГАТУ. №7 (25), 2007. – С. 11-19.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. – 278с.
4. Грибунин В.Г., Чудовский В.В. Комплексная система защиты информации на предприятии. М.: ИЦ «Академия», 2009. – 416 с.
5. Гарсиа М. Проектирование и оценка систем физической защиты. Пер. с англ. М.: Мир: ООО «Изд. АСТ», 2002. – 386 с.
6. Справочник офицера ПВО. Под ред. Зимина В.Г., Бургомистрова С.К. М.: Воениздат, 1987. – 510 с
7. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988. – 208 с.

TECHNIQUE OF FORMATION OF REQUIREMENTS TO SYSTEM OF PHYSICAL PROTECTION (SPP) ON THE BASIS OF CONCEPTUAL IMITATING MODEL

Kostin V.N., Shevchenko S.N.

In the article necessary level of requirements to SPP depending on a project cost (an object category) and threat type (intensity and value of damage) is justified. For the decision of this task the spatial-temporal simulation model of functioning SPP is constructed. As a result of carrying out the plan of experiment for models the analytical model of losses of a project cost from influence of threats and expenses on SPP is received. On extreme point of function of expenses requirements to parameters of SPP were defined.

Keywords: *system of physical protection, imitating model, experiment planning, gradient.*

Костин Владимир Николаевич, к.т.н., доцент Кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Оренбургского государственного университета ОГУ. Тел. (8-353) 237-25-54; 8-922-843-99-97; 8-912-353-69-22. E-mail: vladimirkostin57@mail.ru.

Шевченко Сергей Николаевич, студент ОГУ. Тел. (8-353) 237-25-54; 8-987-843-37-32. E-mail: dead_lois@mail.ru