

*Б.А. Мавлянкариев, А.Х. Кудашев, Б.Б. Хатамов, А.Ю. Пен, О.А. Туляганов*  
(<sup>1</sup>Высшая техническая школа пожарной безопасности МВД РУз, <sup>2</sup>Ташкентское высшее военное техническое училище МВД РУз, e-mail: bahtierm@gmail.com)

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА ЗА СЧЁТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОРПОРАТИВНОЙ СВЯЗИ**

*Проведён анализ обеспечения надёжности противопожарной защиты сложного объекта за счёт повышения качества его корпоративной связи.*

*Ключевые слова: противопожарная защита, корпоративная связь, качество, минимизация затрат.*

*Б.А. Mavlyankariev, А.Х. Kuldashev, В.В. Khatamov, А.Yu.Pen, О.А. Tulyaganov*  
**PROVIDING THE RELIABILITY OF FIRE PROTECTION  
OF COMPLEX FACILITIES BY INCREASING THE QUALITY  
OF CORPORATE COMMUNICATION**

*The analysis of ensure reliability of fire protection of complex facilities by increasing the quality of corporate communication.*

*Key words: fire protection, corporate communications, quality, cost minimization.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 5 мая 2015 г.

Известно, что уровень и качество корпоративной связи во многом определяют эффективность функционирования всех звеньев предприятия и являются гарантом своевременного принятия мер в случаях аварийных и кризисных ситуаций в местах дислокации её основных и вспомогательных подразделений. Отсюда повышенные требования к техническим средствам и системам корпоративной связи, особенно при дислокации в многофункциональных комплексах. Известно, что обозначенные технические системы должны отвечать требованиям сложных условий эксплуатации, а порой и экстремальных режимов. Бесспорно, в обозначенной постановке, приоритетной характеристикой считается качество связи.

Именно этот показатель во многих случаях определяет принятие своевременных решений, рациональной расстановки имеющихся ресурсов и оперативное управление ими. Поэтому для многих организаций вопрос организации связи, в первую очередь, связан со своевременным обнаружением помех – нарушения и несоответствия требуемому уровню качества связи, а также необходимостью оперативного принятия мер, исключающих искажение и потерю сигнала, без привлечения дополнительных ресурсов [1].

Рассмотрим вопрос организации корпоративной связи с позиции обеспечения её качества.

Если обозначить через  $t_o$  момент возникновения помехи (ухудшения качества связи), а через  $t_b$  момент сработки индикации и включения анализатора блока частотной адаптации, то в силу нестабильности многих факторов, влияющих на  $t_o$  и  $t_b$ , каждая из величин  $t_b$ ,  $t_o$  является случайной и время запаздывания будет определяться как  $\tau = t_b - t_o$ .

Допустим,  $c$  – нормативная величина, постоянная для определённого комплекса условий, причём при  $\tau \leq c$  время запаздывания является допустимым, тогда как при  $\tau > c$  связь подвергается необратимой опасности лишения помехозащищённости [2].

Здесь следует отметить, что определённое значение нормативной величины  $c > 0$  приходится допускать по многим причинам: поиск и доставка специалиста-эксплуатационника резервного средства связи, создание приемлемых условий для организации связи и т.д. Так как величина  $\tau$  случайная, то условие  $\tau \leq c$  с достаточной оперативностью выполняется лишь с определенной вероятностью

$$R = P(\tau \leq c) = F(c), \quad (1)$$

которая определяется функцией  $F$  распределения величины  $\tau$ .

Вид функции  $F$  устанавливается на основе экспериментальных данных. По предварительным данным можно утверждать, что величина  $\tau$  имеет экспоненциальную функцию распределения с параметром  $\lambda$ , то есть функция  $F$  имеет вид  $F(x) = 1 - \exp(-\lambda x)$ , где  $\lambda = 1/\bar{t}$ ,  $\bar{t} = M\tau = \bar{t}_b - \bar{t}_o$  – параметр, оцениваемый по опытным данным, причём  $\lambda$  – число, обратное среднему значению  $\bar{t} = M\tau$  величины  $\tau$  ( $M$  – символ математического ожидания,  $\bar{t}_b$  и  $\bar{t}_o$  – средние значения величин  $t_b$  и  $t_o$ ). Следовательно, вероятность  $R$  оперативного восстановления корпоративной связи из выражения (1) при указанных условиях определяется по формуле

$$R = P(\tau \leq c) = 1 - e^{-\lambda c}, \quad (2)$$

где  $\lambda = 1/(\bar{t}_b - \bar{t}_o)$ .

Вероятность  $q = 1 - R$  (при том, что время задержки  $\tau$  окажется больше допустимого значения  $c$ ) будем называть вероятностью потери качества корпоративной связи. Время запаздывания  $\tau$  зависит от номера  $i$  средства связи (слабого элемента), подверженного помехам; номера  $j$  – вида помехи, вызвавшей искажение (нарушение) качества связи и номера  $k$  – зоны (района) дислокации системы корпоративной связи, подверженной помехам, то есть  $\tau = \tau_{ijk}$ . Аналогичными индексами необходимо выразить все составляющие формулы (2) и тогда

$$R_{ijk} = 1 - \exp(-\lambda_{ijk} C_{ijk}) = 1 - q_{ijk}, \quad (3)$$

где  $R_{ijk}$  – вероятность оперативных действий службы обеспечения связи (СОС) по пресечению воздействия  $j$  – вида помех в  $k$  – зоне дислокации;

$q_{ijk}$  – вероятность потери помехозащищённости, вычисляемая при тех же условиях;

$$\lambda_{ijk} = 1/\bar{t}_{ijk};$$

$\bar{t}_{ijk}$  – среднее значение времени задержки для данных  $i, j, k$ ;

$C_{ijk}$  – максимально допустимое значение времени задержки  $\tau_{ijk}$ .

Будем считать, что случайные величины  $\tau_{ijk}$  независимы при всех значениях индексов  $i, j, k$ . Тогда вероятность  $R_o$  того, что ни для одного из  $N_1$  элементов средств связи, ни для одного из  $N_2$  видов помех, ни для одной из  $N_3$  зон (районов) дислокации время  $\tau_{ijk}$  задержки не превысит нормативного значения  $C_{ijk}$  и будет равно

$$R_o = \prod_{i=1}^{N_1} \prod_{j=1}^{N_2} \prod_{k=1}^{N_3} [1 - \exp x (-\lambda_{ijk} C_{ijk})] = 1 - q_o. \quad (4)$$

Вероятность  $q_o = 1 - R_o$  представляет собой суммарную долю издержек от нарушения качества корпоративной связи. Следовательно, усилие СОС сосредоточивается на том, чтобы минимизировать суммарные издержки  $q_o$ , обеспечивая

$$\min \left\{ 1 - \prod_{i=1}^{N_1} \prod_{j=1}^{N_2} \prod_{k=1}^{N_3} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{C_{ijk}}{t_{ijk}} \right) \right] \right\} \quad (5)$$

по области  $Y$ , определяемой рядом ограничений на переменные, от которых зависят  $t_{ijk}$  и  $C_{ijk}$ .

В числе таких переменных отметим следующие: вектор  $x = x(t, i, j, k) = (x_1, x_2, \dots, x_{m1})$  параметров экранирующих строений и заграждающих зданий; вектор  $y = y(t, i, j, k) = (y_1, y_2, \dots, y_{m2})$  параметров ухудшения связи, снижения качества связи, уровня (мощности) сигнала и т.д.; вектор  $z = z(t, i, j, k) = (z_1, z_2, \dots, z_{m3})$  учёта рельефа местности, образования зон нечувствительности к радиосигналам (мёртвых зон) и т.д.; вектор  $v = v(t, i, j, k) = (v_1, v_2, \dots, v_{m4})$  организационно-технических параметров, включающий наличие и комплекты ЗИП, комбинированных (универсальных) узлов и блоков, специального инструмента, источников питания; вектор  $c = c(t, i, j, k) = (c_1, c_2, \dots, c_{m5})$  технико-экономических показателей информационно-технического обеспечения СОС, стоимость основных производственных фондов, численность, фонд заработной платы и т.д.; вектор  $u = u(t, i, j, k) = (u_1, u_2, \dots, u_{m6})$  мобилизационно-расчётных мероприятий защиты от помех, где  $Uv = Uv(t, i, j, k)$  – нормированное отношение уровня полезного сигнала к уровню помехи, поступающей с фиксированной частотой на данный момент времени  $t$  с учётом воздействия на слабый элемент  $i$  средства связи под влиянием помехи  $j$ , вызвавшей ухудшение качества связи в зоне дислокации системы.

При этом текущее время  $t \in [0, T]$ , где  $T$  – продолжительность рассматриваемого периода.

Многоаспектность и функциональный характер зависимости качества связи от обширного спектра показателей, взаимовлияние последних, определяют необходимость совместного рассмотрения и анализа обобщенного, совокупного вектора.

Итак, мы приходим к необходимости решения задачи по определению вектора

$$W = \frac{\min}{(x, y, z, v, c, u)} \in Y \left\{ 1 - \prod_{i=1}^{N_1} \prod_{j=1}^{N_2} \prod_{k=1}^{N_3} [1 - \exp(-\frac{c_{ijk}(W)}{t_{ijk}(W)})] \right\}, \quad (6)$$

где  $W = W(t, i, j, k)$  набор векторов  $x, y, z, c, u$ . Здесь  $x, y, z$  – векторы исходных данных, неуправляемые СОС, а векторы  $v, c, u$  – управляемые.

Следовательно,  $W = (L, R)$ ,  $L = (x, y, z)$ ,  $K = (v, c, u)$ , где  $L$  – набор векторов  $x, y, z$  состояния рассматриваемой системы,  $K = (v, c, u)$  – набор векторов  $v, c, u$  управляющих воздействий.

В задаче (6) следует обусловить два момента: область  $Y$  ограничений, зависимости  $c_{ijk}(W)$  и  $t_{ijk}(W)$ .

Предположим, что область  $Y$  ограничений определена. Тогда на выходе решения задачи (6) получается оптимальный набор векторов  $W^* = (L^*, K^*)$ , где  $L^*$  – наиболее благоприятный (с точки зрения обеспечения минимума суммарных потерь) набор векторов  $x^*, y^*, z^*$  состояния;  $K^*$  – оптимальный набор управляющих воздействий  $v^*, c^*, u^*$ .

При разработке перспективного плана защиты сложного объекта от помех, набор  $L$  векторов состояния можно считать заданным, полученным путём усреднения соответствующих показателей по предыстории. Если  $L_0 = (x_0, y_0, z_0)$  – такой усреднённый набор векторов состояния, то задача (6) состоит в нахождении

$$\frac{\min}{K \in Y_1} \left\{ 1 - \prod_{i=1}^{N_1} \prod_{j=1}^{N_2} \prod_{k=1}^{N_3} [1 - \exp(-\frac{C_{ijk}(L_0, K)}{t_{ijk}(L_0, K)})] \right\}, \quad (7)$$

где  $Y_1$  – область возможных значений набора  $K$  управляющих воздействий  $v, c, u$ . При разработке оперативного плана защиты корпоративной (технических средств) связи от помех наборы  $L = L_t$  векторов состояния получают на момент  $t$  проведения расчётов по результатам определения параметров экранирующих строений, и учёта рельефа местности, зон нечувствительности. Здесь задача (7) состоит в нахождении оптимального набора  $K = K^*$  управляющих воздействий, обеспечивающего

$$\frac{\min}{K \in Y_1} \left\{ 1 - \prod_{i=1}^{N_1} \prod_{j=1}^{N_2} \prod_{k=1}^{N_3} [1 - \exp(-\frac{C_{ijk}(L_t, K)}{t_{ijk}(L_t, K)})] \right\}. \quad (8)$$

Для установления зависимости  $t_{ijk} = t_{ijk}(L_t, K)$  среднего времени запаздывания для  $i$ -го элемента,  $j$ -й помехи и  $k$ -й зоны от  $L_t$  и  $K$  в первом приближении можно использовать аппроксимацию

$$\begin{aligned} t_{ijk} = t_{ijk} + \sum_{v_1}^{\Lambda} \beta_{v_1}(i, j, k, t)(x_{v_1} - x_{v_1}^{\Lambda}) + \sum_{v_2}^{\Lambda} \beta_{v_2}(i, j, k, t)(y_{v_2} - y_{v_2}^{\Lambda}) + \sum_{v_3}^{\Lambda} \beta_{v_3}(i, j, k, t)(z_{v_3} - z_{v_3}^{\Lambda}) + \\ + \sum_{v_4}^{\Lambda} \beta_{v_4}(i, j, k, t)(v_{v_4} - v_{v_4}^{\Lambda}) + \sum_{v_5}^{\Lambda} \beta_{v_5}(i, j, k, t)(c_{v_5} - c_{v_5}^{\Lambda}) + \sum_{v_6}^{\Lambda} \beta_{v_6}(i, j, k, t)(u_{v_6} - u_{v_6}^{\Lambda}), \end{aligned} \quad (9)$$

где  $X_{v_1}, Y_{v_2}, Z_{v_3}$  – параметры экранирующих строений, снижения качества корпоративной связи, учёта рельефа и образования зон нечувствительности в момент времени  $t$  для данных  $i, j, k$ ;

$V_{v4}, C_{v5}, U_{v6}$  – параметры управления, соответственно организационно-технических, технико-экономических и мобилизационно-расчётных мероприятий.

Кроме того, в формуле (9)  $\hat{t}_{ijk}, \beta v, \beta v_6, Xv1, Yv_2, Zv_3, Vv_4, C_{v5}, U_{v6}$  – коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов по имеющимся статистическим данным относительно значений  $\bar{t}_{ijk}$  при различных  $L_t$  и  $K$ . Аналогичная (9) зависимость записывается также для допустимого нормативного значения  $C_{ijk}(L_t, K)$ .

Для описания области  $Y_1$  ограничений в выражении (8) используются практические наработки и соображения, относящиеся к регламентации суммарных затрат, суммарного объёма выпуска средств помехозащиты и т.д.

Таким образом, авторами разработан подход к обеспечению качества корпоративной связи на основе планирования помехоустойчивости и выбора технических средств [3]. Организация помехозащиты корпоративной связи способствует обеспечению надёжности противопожарной защиты сложного объекта и оптимизации затрат при обеспечении его комплексной безопасности. В технико-экономическом разрезе предложенный подход базируется на полученном выражении (4) для функций  $q_0 = q_0(W)$  суммарных издержек. Сущность подхода состоит в следующем.

Во-первых, формулируется область  $Y_\Lambda$  ограничений на набор  $K$  управляющих воздействий  $v, c, u$ , для чего используются соотношения выражений (7) и (8). При этом учитываются реальные, имеющиеся материально-технические ресурсы, численность, фонд заработной платы и т.д.

Во-вторых, по методу наименьших квадратов, с использованием имеющихся статистических данных находятся коэффициенты в выражении (9) для среднего времени  $\bar{t}_{ijk}$  запаздывания, а также коэффициенты в аналогичном выражении для нормативного максимально допустимого значения  $c_{ijk}$ . При этом расчёты проводятся для всех сочетаний индексов  $i, j, k$ .

В-третьих, с помощью ПЭВМ решается задача (9) для исходных данных  $L_t$  методами нелинейного программирования, если речь идёт о разработке перспективного плана обеспечения корпоративной помехозащиты системы связи, или задача (6), если разрабатывается оперативная помехозащита.

В результате проведения расчётов для данного  $t$  получают набор  $K^* = (v^*, c^*, u^*)$  управляющих векторов  $v, c, u$ . Если векторы  $v$  и  $c$  фиксированы:  $v = v_0, c = c_0$ , то  $K^* = (v_0, c_0, u^*)$ , то есть в этом случае выбору подлежит только вектор  $U = U(t, i, j, k)$  относительных объёмов помехозащитных средств, выделяемых на единицу площади.

Компоненты  $U_{ijk}^*(t)_v$  с номером  $v$  вектора  $U^*$  означают оптимальный объём помехозащитной техники, выделяемой на единицу защищаемой площади  $S_{ijk}(t)$  в момент времени  $t$  для  $i$ -го элемента, подверженного  $j$ -й помехе в  $k$ -й зоне.

В общем случае расчёт позволяет установить не только оптимальный вектор  $u^*$ , но и оптимальные векторы  $v^*$ ,  $c^*$ , определяющие наилучшую структуру наличия и комплекта ЗИП, комбинированных узлов, специального инструмента и наилучший состав вектора выделяемых затрат.

Учитывая известную, обоснованную корреляционную зависимость между системой корпоративной связи и уровнем пожарной безопасности сложного объекта, можно прогнозировать практическую ценность предложенного подхода в реализации основной задачи- повышения эффективности противопожарной защиты сложных, многофункциональных объектов.

### **Литература**

1. **Мавлянкариев Б.А., Хатамов Б.Б. и др.** Ресурс технических систем при обеспечении безопасности сложного объекта // Матер. 23-й междунар. науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2014". М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. С. 57-59.

2. **Мавлянкариев Б.А.** Повышение надёжности информационно-технического обеспечения систем управления безопасностью объекта // Матер. 12-й междунар. конф. "Проблемы управления безопасностью сложных систем". М., 2004. С. 275-277.

3. **Мавлянкариев Б.А., Хатамов Б.Б. и др.** Методы выбора технических средств в корпоративных приложениях управления экономической безопасностью объекта // Матер. Респ. науч.-техн. конф. "Проблемы организации и обеспечения экономической безопасности в управлении промышленными предприятиями и организациями". Ташкент, 2014. С. 43-46.