

Б.А. Мавлянкариев, А.Х. Кудашев, Б.Б. Хатамов, А.Ю. Пен, О.А. Туляганов
(¹Высшая техническая школа пожарной безопасности МВД РУз, ²Ташкентское 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.

В.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 τ 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 τ .

Вид функции F устанавливается на основе экспериментальных данных. По предварительным данным можно утверждать, что величина τ имеет экспоненциальную функцию распределения с параметром λ , 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 λ – число, обратное среднему значению $\bar{t} = M\tau$ величины τ (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 τ окажется больше допустимого значения c) будем называть вероятностью потери качества корпоративной связи. Время запаздывания τ 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 τ_{ijk} .

Будем считать, что случайные величины τ_{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 τ_{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_Λ 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.