

УДК 004.056.57:629.7.017.1

ОЦЕНКА ЖИВУЧЕСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

В.Е. Емельянов

ASSESSMENT OF THE SURVIVABILITY OF INFORMATION NETWORKS OF NAVIGATION AND AIR TRAFFIC CONTROL

V.E. Emelyanov

Аннотация. Выполнение своих функций информационными или телекоммуникационными сетями обеспечения диспетчерского состава позволяет добиться гарантированного уровня безопасности полётов наряду с требуемым уровнем пропускной способности зон управления воздушным движением (УВД). При этом важным становится оценка работоспособности сетей различной топологической структуры на рассматриваемых временных интервалах и возможность квалиметрии живучести информационных систем, но понимая под ней сохранение их работоспособности и защищённости информации. В работе предлагается вероятностная метрика оценки живучести информационных сетей (ИС) с учётом оценки безотказности и вероятности защищённости информации для сетей с разомкнутой и замкнутой радиально-кольцевыми структурами с одним центром.

Ключевые слова: информационная сеть; коэффициент оперативной готовности; вероятность безопасного функционирования; связность; живучесть.

Abstract. The performance of their functions by information or telecommunication networks providing air traffic controllers allows achieving a guaranteed level of flight safety along with the required level of throughput of air traffic control (ATC) zones. At the same time, it becomes important to evaluate the performance of networks of various topological structures at the considered time intervals and the possibility of qualimetry of the survivability of information systems, but understanding it as the preservation of their performance and information security. The paper proposes a probabilistic metric for assessing the survivability of information networks (IN), taking into account the assessment of reliability and the probability of information security for networks with open and closed radial-ring structures with one center.

Keywords: information network; coefficient of operational readiness; probability of safe functioning; connectivity; survivability.

Информация, используемая для решения навигационных задач и управления воздушным движением имеет осязаемую значимость, так как от её качеств зависят основные характеристики деятельности эксплуатационных авиапредприятий, к которым в первую очередь необходимо отнести уровень безопасности полётов и пропускную способность зон УВД. При этом необходимо иметь в виду тот факт, что отраслевые информационные сети различаются не только по структурно-организационным признакам, но и способам получения, обработки и представления информационных потоков. Наряду с этим к ним предъявляются различные требования, обусловленные особенностями функционального использования, например, локальных вычислительных сетей (ЛВС), сетей электросвязи (ЭС) или автоматизированных систем УВД (АС УВД).

Тот факт, что исследуемым системам присуща неопределённость (какова их временная стойкость (живучесть) в условиях возможных деструктивных воздействий, насколько совершенна система защиты информации, обеспечивающая необходимый уровень

достоверности) позволяет применить для квалиметрии качества функционального использования систем показатель вероятностно-временной группы.

В качестве последней можно предложить следующий показатель

$$K_{жс.} = K_{ог.}(t) \cdot p_{зи.}(t), \quad (1)$$

где $K_{жс.}$ – коэффициент живучести; $K_{ог.}(t)$ – коэффициент оперативной готовности; $p_{зи.}(t)$ – вероятность защищённости информации.

В работе [1] показано, что в случае аппроксимации функции распределения времени, на котором можно считать достоверность информации не ниже заданной, а также функцию распределения времени безопасного функционирования экспоненциальными распределениями с параметрами β и μ соответственно, $\mu = 1/T$.

Тогда

$$p_{зи.}(t) = \beta / (\beta + \mu). \quad (2)$$

В свою очередь

$$K_{ог.}(t) = K_z \cdot p_{б.р.}(t) = \frac{T_0}{T_0 + \varepsilon_b} \cdot p_{б.р.}(t), \quad (3)$$

где T_0 – наработка на отказ; ε_b – время восстановления, $p_{б.р.}$ – вероятность безотказной работы на интервале времени t .

В работе [2] исследуется вопрос влияния угроз информационной безопасности на коэффициент готовности телекоммуникационной сети с линейной топологией, однако нам кажется необходимым учесть значимость трансляции информационных потоков с учётом связности различных объектов сети.

Тогда соотношение (3) представляется целесообразным представить в виде кортежа:

$$k_{ог.}(t) = \langle k_z, p_{б.р.}(t), \Psi_{с.в.} \rangle, \quad (4)$$

где $\Psi_{с.в.}$ – вероятность связности между объектами информационной сети.

Кроме этого, характеристики безотказности зависят от параметров потока отказов и элементной базы оборудования. Воспользуясь материалами [3] представим в табл. 1 необходимые расчётные соотношения.

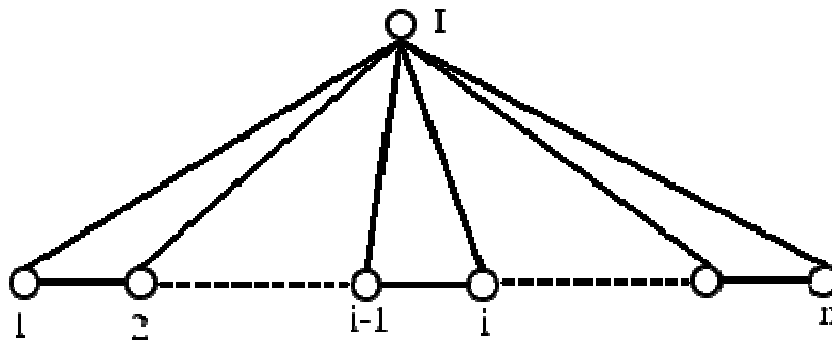
Таблица 1 – Области применения распределений наработки до отказа

	Характеристик и объектов ИС	Изделия, отказы которых вызваны многими факторами	Постепенные отказы ЦМС, резисторов и т. п.	Отказы ИС, наработка между которыми есть сумма независимых случайных величин
Вид распределения		Нормальное	Вейбулла и Релея*	Гамма

Продолжение таблицы 1

П а р а м е т р ы	Функция плотности распределения времени наработки до отказа	$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_t} \times \exp\left[-\frac{(t-m_t)^2}{2\sigma_t^2}\right]$	$f(t) = \lambda kt^{k-1} e^{-k_0 t^k};$ $f(t)^* = 2\lambda_0 t e^{-\lambda_0 t^2}.$	$f(t) = \lambda_0 \frac{(\lambda_0 t)^{k-1}}{(k-s)!} \times e^{-\lambda_0 t}$
	Вероятности безотказной работы	$p(t) = l_0 [0.5 + \varphi(\frac{m_t - t}{\sigma_t})]$	$p(t) = e^{-\lambda_0 t^k};$ $p(t)^* = e^{-\lambda_0 t^2}.$	$p(t) = e^{-\lambda_0 t} \times \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda_i t)^2}{i!}$
	Наработка на отказ	$T_0 = m_t + \delta_t T_0$	$T_0 = \Gamma(\frac{k+1}{k}) k^{-1};$ $T_0^* = \sqrt{\pi / 2\delta}.$	$T_0 = k / \lambda_0.$
	Вспомогательные параметры	$l_0 = \frac{c_0}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}(\frac{m_t}{\delta_t})^2\right]$	λ, k – параметры масштаба	

Далее, рассмотрим разомкнутую радиально-кольцевую систему n -го ранга с одним центром в качестве которой можно рассматривать АС УВД, а ранг определяется числом радиолокационных, радионавигационных и систем связи, служащих источниками информации для АС УВД (рис. 1)


 Рисунок 1 – Разомкнутая радиально-кольцевая система n -го ранга с одним центром

Вероятность отказа элементов системы:

$$Q(I) = 0; Q(i) = v_i = 1 - r_i;$$

$$Q(I, i) = z_i = 1 - \varepsilon_i;$$

$$Q(i-1, i) = \delta_i = 1 - \pi_i.$$

Используя соотношением для вероятности связи между объектами α и ε в системе, представленной на рис. 1, полученными в [4] запишем

$$\left. \begin{aligned} L_n^{I,1} &= r\varepsilon \left[\frac{1 - (r\pi z)^n}{1 - r\pi z} \right]; \\ L_n^{I,m} &= L_m^{(I,1)} + \pi(r - L_m^{(I,1)})L_{n-m}^{I,1} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

По аналогии с вышеизложенным для типовой модели локальной вычислительной сети в упрощённом виде рассмотрим систему n -го ранга с замкнутой радиально-кольцевой структурой с одним центром (рис. 2)

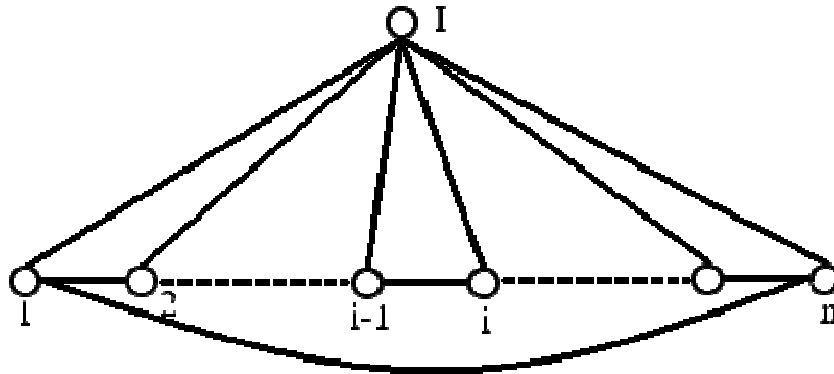


Рисунок 2 – Замкнутая радиально-кольцевая система n -го ранга с одним центром

Вероятности отказов элементов системы:

$$\begin{aligned} Q(I) &= 0; Q(i) = v_i = 1 - r_i; \\ Q(I, i) &= z_i = 1 - \varepsilon_i; \\ Q(i-1, i) &= \delta_i = 1 - \pi_i; \\ Q(n, 1) &= \delta_1 = 1 - \pi_1 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} L_{1,1}^{I,1} &= |r_1 \varepsilon_1, r_1 \varepsilon_1, r_1, r_1, r_1|^T; \\ L_n^{I,1} &= \frac{1}{n} M_n^I = r \left[1 - v \frac{(1 - r\pi)^2}{(1 - r\pi v)^2} - \varepsilon \frac{2 - r\pi - r\pi v}{(1 - r\pi v)^2} (r\pi z)^n - \right. \\ &\quad \left. - (n-1)\varepsilon\pi \frac{v + r\delta z}{1 - r\pi\varepsilon} (r\pi v)^{n-1} \right] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Таким образом, необходимая оценка живучести конкретной системы может быть получена исходя из данных табл. 1 и соотношений (5) или (6).

С практической точки зрения исходя из методического подхода, представленного в [5], полученные результаты могут быть использованы на различных этапах жизненного цикла информационных авиационных систем, а именно:

- На этапе формирования технического задания на разработку новых информационных систем;
- На этапе эксплуатации оборудования при выборе стратегии технического обслуживания и обоснована периодов проведения профилактического обслуживания;
- На этапе оценки эффективности ИС, исходя из оценки влияния достоверности информационных потоков на показатели иерархически старших систем;

- Обоснование требований к защищённости каналов связи.

Отметим, что материалы работы представляют собой промежуточный характер, требующий детализации и глубины исследований всего комплекса задач, относящихся к затронутой проблематике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.П., Иванов А.В. К вопросу о выборе технических средств защиты информации от НСД // Защита информации, INSIDER. 2006. № 1. С. 48-54.
2. Митрохин В.Е., Рингенблум П.Г. Влияние угроз информационной безопасности на коэффициент готовности телекоммуникационной сети с линейной топологией // Доклады ТУСУРа. 2019. №1 (21), часть 1. С. 156-159.
3. Емельянов В.Е., Логвин А.Н. Техническая эксплуатация авиационного радиоэлектронного оборудования. Москва: МОРКНИГА, 2014. 729 с.
4. Гадасин В.А., Ушаков И.А. Надежность сложных информационно-управляющих систем. Москва: Советское радио, 1975. 102 с.
5. Романов М.С., Гречаный С.А. Алгоритм выбора интегрированной системы безопасности на основе метода анализа иерархий // Вестник Воронежского института МВД России. 2019. № 1. С. 75-81.

REFERENCES

1. Ivanov V.P., Ivanov A.V. *K voprosu o vybore tekhnicheskikh sredstv zashchity informatsii ot NSD*. [On the issue of choosing technical means of protecting information from NSD]. *Zashchita informatsii, INSIDER*. 2006. No. 1, pp. 48-54.
2. Mitrokhin V.Ye., Ringenblyum P.G. *Vliyaniye ugroz informatsionnoy bezopasnosti na koeffitsiyent gotovnosti telekommunikatsionnoy seti s lineynoy topologiyey*, [The impact of information security threats on the availability coefficient of a telecommunications network with a linear topology]. *Doklady TUSURa*. 2019. No. 1 (21), Iss. 1, p. 156-159.
3. Emelianov V.Ye., Logvin A.N. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya aviatsionnogo radioelektronnoogo oborudovaniya* [Technical operation of aviation radio-electronic equipment]. Moscow: MORKNIGA, 2014. 729 p.
4. Gadasin V.A., Ushakov I.A. *Nadezhnost' slozhnykh informatsionno-upravlyayushchikh sistem* [Reliability of complex information and control systems]. Moscow: Sov. Radio, 1975. 102 p.
5. Romanov M.S., Grechanyy S.A. *Algotm vбора integrirovannoy sistemy bezopasnosti na osnove metoda analiza iyerarkhiy* [The algorithm for selecting an integrated security system based on the hierarchy analysis method]. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*. 2019. No.1, pp. 75-81.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Емельянов Владимир Евгеньевич

Московский государственный технический университет гражданской авиации, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры основ радиотехники и защиты информации.

E-mail: v.emelianov@mstuca.aero

Emelianov Vladimir Evgen'evich

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Fundamentals of Radio Engineering and Information Security.

E-mail: v.emelianov@mstuca.aero