

*А.Б. Фещенко, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
А.В. Загора, к.т.н., доцент, ст. преподаватель, НУГЗУ*

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ОПЕРАТИВНОЙ ГОТОВНОСТИ АППАРАТУРЫ ОПЕРАТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

(представлено д.т.н. Бодянский Э.В.)

Представлена математическая модель, получены и проанализированы результаты расчета коэффициента оперативной готовности аппаратуры оперативной диспетчерской связи в зависимости от среднего числа отказов и соотношения интенсивности отказов к интенсивности восстановления в условиях чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: оперативная диспетчерская связь, чрезвычайная ситуация, вероятность безотказной работы, коэффициент оперативной готовности.

Постановка проблемы. Показатели надежности и восстанавливаемости аппаратуры оперативной диспетчерской связи (ОДС) и оповещения в режиме чрезвычайной ситуации (ЧС) зависят от электрических перегрузок, что может приводить к длительным отказам элементов сети электросвязи, что требует принятия мер и затрат для восстановления её работоспособности в условиях ЧС.

Одной из проблем при этом является прогнозирование значения коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в условиях ЧС по данным показателей безотказности и ремонтпригодности за время эксплуатации.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] рассматривается способ поддержания работоспособности телекоммуникационных сетей за счет формирования резервных технических средств.

В работе [2] рассмотрен способ устранения отказа ОДС при прерывании внешнего электропитания за счет перехода на резервный источник питания в пределах времени автономной работы, прогнозируемого по расчетной методике, в условиях ЧС.

В работе [3] представлены методика расчета необходимого количества ЗТС для восстановления аппаратуры ОДС после отказов в условиях ЧС.

В работе [4] произведен вероятностный расчет достаточности комплекта ЗТС для восстановления и ремонта аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

В работах [5, 6] рассмотрено влияние режима электрической нагрузки на показатели надежности и корректировка обеспеченности аппаратуры ОДЗ комплектом ЗТС при восстановлении её после отказов в условиях чрезвычайной ситуации.

Постановка задачи и её решение. Проанализировав приведенные научные работы, получим математическую модель для расчета коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в зависимости от показателей безотказности и ремонтпригодности, а именно среднего числа отказов и соотношения интенсивности отказов к интенсивности восстановления в условиях ЧС.

Рассмотрим выражение для коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$ аппаратуры ОДС [4]

$$K_{ог} = P(t) \cdot K_{г} = P(t) \cdot K'_{г} \cdot K_{об} \quad (1)$$

где $P(t)$; $K_{г} = K'_{г} \cdot K_{об}$ – вероятность безотказной работы и коэффициент готовности аппаратуры ОДС

$$K'_{г} = \frac{1}{(1 + \Lambda_3 / \mu)} \quad \text{– коэффициент готовности (показатель ремонтпригодности) аппаратуры при неограниченном комплекте ЗТС;}$$

$$K_{об} = \frac{1}{(1 + \frac{T_{п} \cdot \Lambda_3 \cdot \mu}{(\Lambda_3 + \mu)})} \quad \text{– коэффициент обеспеченности аппаратуры ОДС запасными элементами;}$$

$$\Lambda_3 = \sum_{j=1}^N \lambda_{3j} = N \cdot \lambda'_6 \cdot K_p \quad \text{– эксплуатационная интенсивность отказов}$$

аппаратуры ОДС, учитывающая коэффициент электрической нагрузки K_p , и сложность исполнения с количеством ЭРИ ($n=N=100$), μ – интенсивность восстановления; $T_{п}$ – среднее время вынужденного простоя аппаратуры из-за отсутствия в ЗТС необходимых элементов (время пополнения).

Преобразуем коэффициент обеспеченности аппаратуры запасными элементами к виду

$$K_{об} = \frac{1}{(1 + \frac{T_{п} \cdot \Lambda_3}{(1 + \Lambda_3 / \mu)})} = \frac{1}{(1 + \frac{n_{ср}}{(1 + \Lambda_3 / \mu)})}, \quad (2)$$

где Λ_3 / μ – соотношение интенсивности отказов к интенсивности восстановления аппаратуры ОДС в условиях ЧС;

$n_{cp} = T_{п} \cdot \Lambda_{э}$ – математическое ожидание числа отказов аппаратуры ОДС за время пополнения комплекта ЗТС.

Воспользуемся вероятностью числа отказов за время $t=T_{п}$, определяемой законом Пуассона для расчета вероятности безотказной работы $P(t)$ [5]

$$P_n(t = T_{п}) = \frac{(\Lambda_{э} T_{п})^n}{n!} e^{-n \lambda_n} = \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}} = \psi(n, n_{cp}), \quad (3)$$

где $n_{cp} = \Lambda_{э} T_{п}$ – математическое ожидание количества отказов; $\psi(n, n_{cp})$ – функция, значения которой получаются из табличной функции $\psi(\chi, \mu) = \frac{(\mu)^\chi}{\chi!} e^{-\mu}$ [9] путем замены переменных $\chi = n, \mu = n_{cp}$.

Поскольку вероятность безотказной работы $P(t)$ соответствует отсутствию отказов в аппаратуре ОДС ($n=0$) за время работы $t=T_{п}$ то из выражения (3) следует

$$P(t) = P_{n=0}(t = T_{п}) = \psi(n = 0, n_{cp}) = \psi(0, n_{cp}), \quad (4)$$

Тогда, выражение для коэффициента оперативной готовности примет вид:

$$K_{ог} = \frac{1}{(1 + \Lambda_{э}/\mu)} \cdot \frac{1}{(1 + \frac{n_{cp}}{1 + \Lambda_{э}/\mu})} \cdot \psi(0, n_{cp}) \quad (5)$$

Из анализа (5) следует, что коэффициент оперативной готовности зависит от соотношения эксплуатационной интенсивности отказов к интенсивности восстановления $\Lambda_{э} / \mu$ и математического ожидания числа отказов $n_{cp} = \Lambda_{э} \cdot T_{п}$ за время пополнения комплекта ЗТС и описывается в виде произведения функций $K_{ог}(\Lambda_{э} / \mu, n_{cp}) = K'_r(\Lambda_{э} / \mu) \cdot K_{об}(\Lambda_{э} / \mu, n_{cp}) \cdot \psi(0, n_{cp})$.

Проведем ориентировочный расчет коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$ аппаратуры ОДС при следующих значениях $N=100$; $T_{п} = 720ч; 2160ч; 4329ч, \lambda_6 = 10^{-6}; час^{-1}$, в дежурном режиме (базовом или номинальном режим $K_p = 1$), используя табличные данные [7].

Результаты расчетов $K_{ог}$ сведем в табл. 1, по которым для наглядности построим графики функции $K_{ог}(\Lambda_{э} / \mu, n_{cp})$, помещенные на рис. 1.

Табл. 1. Расчет коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$ в дежурном режиме в условиях ЧС, при $(N=100, \lambda_6, =10^{-06} \text{ ч}^{-1})$

$\Lambda_э / \mu$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
$K_{г}$	1,00	0,95	0,91	0,87	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67
$K_{ог1}$ при $T_{п1}=720 \text{ ч}, n_{ср}=0,22, \psi_1(0, n_{ср})=0,92$											
$K_{об1}$	0,855	0,861	0,866	0,871	0,876	0,880	0,884	0,888	0,892	0,895	0,898
$K_{ог1}$	0,786	0,754	0,724	0,697	0,672	0,648	0,626	0,605	0,586	0,568	0,551
$K_{ог3}$ при $T_{п1}=2160 \text{ ч}, n_{ср}=0,17, \psi_3(0, n_{ср})=0,8$											
$K_{об3}$	0,820	0,827	0,833	0,839	0,845	0,850	0,855	0,860	0,864	0,868	0,876
$K_{ог3}$	0,656	0,630	0,606	0,584	0,563	0,544	0,526	0,510	0,494	0,479	0,467
$K_{ог6}$ при $T_{п1}=4320 \text{ ч}, n_{ср}=0,49, \psi_6(0, n_{ср})=0,67$											
$K_{об6}$	0,671	0,682	0,692	0,701	0,710	0,718	0,726	0,734	0,741	0,747	0,754
$K_{ог6}$	0,450	0,435	0,421	0,409	0,396	0,385	0,374	0,364	0,354	0,345	0,337

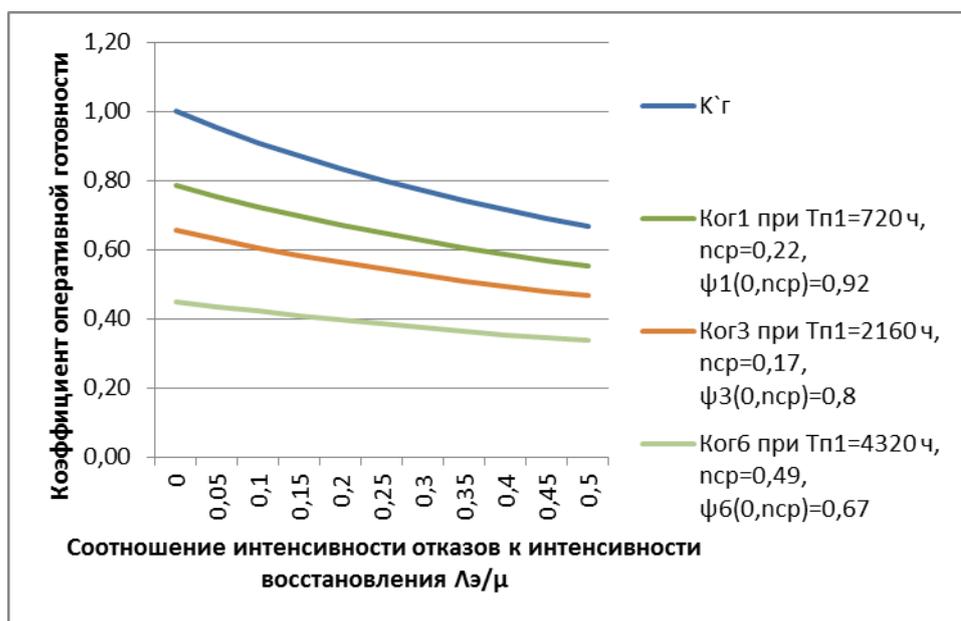


Рис. 1. График коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$ в дежурном режиме ($K_{р} = 1$) в условиях ЧС, при $N=100; T_{п} = 720 \text{ ч}, 2160, 4329 \text{ ч}; \lambda_6 = 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

Из анализа графиков (рис. 1.) следует, что коэффициент оперативной готовности $K_{ог}$ аппаратуры ОДС в дежурном режиме в условиях ЧС снижается при увеличении соотношения эксплуатационной интенсивности отказов к интенсивности восстановления $\Lambda_э / \mu$, а также при увеличении математического ожидания числа отказов $n_{ср} = \Lambda_э \cdot T_{п}$ за время пополнения комплекта ЗТС, что происходит в том числе при снижении вероятности безотказной работы $\psi(0, n_{ср})$ (Табл. 1). Для повышения коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$, аппаратуры ОДС целесообразно применять общие методы повышения надежности, резервирование, мероприятия по восстановлению и улучшению обеспеченности и снижению времени пополнения ЗТС, а также методы определения оптимальной периодичности проведения профилактических и регламентных работ [8].

Выводы. Выбрана математическая модель расчета коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$ в условиях ЧС.

Получены и проанализированы выражения для оценки коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в условиях ЧС. В результате проведенного расчета отмечено снижение коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$ аппаратуры ОДС в дежурном режиме в условиях ЧС снижается при увеличении соотношения эксплуатационной интенсивности отказов к интенсивности восстановления $\Lambda_э / \mu$, а также при увеличении математического ожидания числа отказов $n_{ср} = \Lambda_э \cdot T_{п}$ за время пополнения комплекта ЗТС.

Для повышения коэффициента оперативной готовности $K_{ог}$, аппаратуры ОДС предложено применять общие методы повышения надежности, резервирование, мероприятия по восстановлению и улучшению обеспеченности и снижению времени пополнения ЗТС, а также методы определения оптимальной периодичности проведения профилактических и регламентных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.К. Леваков Задачи формирования комплекса резервных технических средств для восстановления отказов в сети электросвязи вследствие чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] / А.К. Леваков // Электросвязь. – Наука. – М.: «Электросвязь», 2013. – №12. – С. 38. – 40. Режим доступа: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/547?locale=ru>.
2. Загора А.В. Методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / Е.Е., Селеенко, А.Б., Фещенко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №21. – С. 23 – 30. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1363>.
3. Загора А.В. Методика расчета количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / А.Б. Фещенко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №22. – с. 23 – 37. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1352>.
4. Загора А.В. Взаимосвязь коэффициента готовности аппаратуры оперативной диспетчерской связи с достаточностью комплекта запасных технических средств при восстановлении после отказов в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / Е.Е. Селеенко, Д.Л. Соколов, А.Б. Фещенко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – №23. – С. 20-26. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1349>.
5. Фещенко А.Б. Влияние режима электрической нагрузки на пока-

затели надежности оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.В. Загора. Е.Е. Селеенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2017. – №24– с. 62-67. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1350>.

6. Фещенко А.Б. Влияние режима электрической нагрузки на корректировку обеспеченности аппаратуры оперативной диспетчерской связи комплектом запасных технических средств при восстановлении её после отказов в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.В. Загора. Е.Е. Селеенко, // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2017. – №25 – С. 138-143. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1385>.

7. Абезгауз Г.Г. Справочник по вероятностным расчетам [Текст] / А.П. Тронь, Ю.Н. Копенкин и др. - М.: Воениздат, 1970. – С. 395 – 397.

8. Абрамов Ю.А. Выбор метода определения проведения регламентных работ датчиков систем ослабления последствий чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] / Е.Е. Кальченко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №21. – С. 3–6. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Abramov.pdf>.

Получено редколлегией 19.09.2017

А.Б. Фещенко, О.В. Загора

Залежність коефіцієнта оперативної готовності апаратури оперативного диспетчерського зв'язку від середнього числа відмов і співвідношення інтенсивності відмов до інтенсивності відновлення в умовах надзвичайної ситуації

Представлена математична модель, отримані й проаналізовані результати розрахунків коефіцієнта оперативної готовності апаратури оперативного диспетчерського зв'язку залежно від середнього числа відмов і співвідношення інтенсивності відмов до інтенсивності відновлення в умовах надзвичайної ситуації

Ключові слова: оперативна диспетчерська зв'язок, надзвичайна ситуація, імовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт оперативної готовності.

A.B. Feshchenko, O.V. Zakora

The dependence of the ratio operational equipment operational control communication from the mean number of failures and the ratio of failure rate to the intensity of recovery in an emergency situation

A mathematical model is derived and analyzed the results of the calculation of the coefficient of operational availability of equipment operational control communication depending on the average number of failures and the ratio of failure rate to the intensity of recovery in an emergency situation.

Keywords: operational dispatch communication, emergency situation, probability of failure, factor of operational readiness.