

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

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА КОРРЕКТИРОВКУ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АППАРАТУРЫ ОПЕРАТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ КОМПЛЕКТОМ ЗАПАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЕЁ ПОСЛЕ ОТКАЗОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

(представлено д.т.н. Кривцовой В.И.)

Представлена математическая модель оценки влияния режима электрической нагрузки на корректировку обеспеченности аппаратуры оперативной диспетчерской связи комплектом запасных технических средств. Произведён расчёт зависимости обеспеченности аппаратуры оперативной диспетчерской связи комплектом запасных технических для режимов номинальной и повышенной электрической нагрузки. Сформулированы рекомендации по корректировке комплектов запасных технических средств аппаратуры оперативной диспетчерской связи, и её восстановлению после отказов функционирования в режиме повышенной электрической нагрузки в условиях чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: оперативная диспетчерская связь, чрезвычайная ситуация, электрическая нагрузка, запасные технические средства.

Постановка проблемы. В условиях чрезвычайной ситуации (ЧС) за счёт непосредственного воздействия разрушительных сил ЧС и повышения режимов электрической нагрузки аппаратуры оперативной диспетчерской связи (ОДС) возникают длительные отказы узлов коммутации (УК), повреждения транспортных ресурсов (линейных сооружений и кабеля), ограничения в работе дополнительного оборудования по поддержанию ряда телекоммуникационных услуг, прерывания внешнего электропитания, вследствие которого УК перестают выполнять свои функции. По статистика последних лет эксплуатируемые сети электро-связи, более устойчивы к разрушениям, вызываемым ЧС, нежели к отказам функционирования из-за невозможности оперативного восстановления аппаратуры УК и внешнего электропитания ОДС [1].

Показатели надёжности, живучести и восстанавливаемости ОДС и оповещения существенно снижаются при повышении электрической нагрузки в режиме чрезвычайной ситуации (ЧС) [2].

Для повышения её надёжности в условиях ЧС необходимо временно воспользоваться резервными техническими средствами (РТС) и провести восстановление аппаратуры ОДС за счёт запасных технических средств (ЗТС).

Одной из проблем при этом является количественная оценка степени влияния режима электрической нагрузки на корректировку обеспеченности аппаратуры ОДС комплектом ЗТС при восстановлении её после отказов в условиях ЧС.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2] представлена математическая модель радиоэлектронной системы (РЭС), в которой учтены режимы нагрузки электрорадиоизделий (ЭРИ), изменяющиеся при функционировании. Отмечено влияние изменения значений коэффициентов электрической нагрузки ЭРИ на безотказность работы РЭС вследствие изменения режимов функционирования во времени.

В работе [3] рассмотрен способ повышения коэффициента оперативной готовности аппаратуры с применением графо-аналитических методов определения периода регламентных работ применительно к датчикам ослабления последствий ЧС.

В работе [4] при прерывании внешнего электропитания рассмотрен способ устранения отказа ОДС за счёт перехода на резервный источник электропитания аппаратуры ОДС в условиях ЧС. Экспериментальное исследование показало существенное увеличение электрической нагрузки аварийного источника электропитания аппаратуры ОДС при переходе из дежурного режима в режим максимальной занятости в условиях ЧС, что приводило к отказам в виде полного отключения напряжения питания.

В работе [5] представлены оценка необходимости корректировки комплекта запасных технических средств (ЗТС) и методика расчета необходимого количества ЗТС для восстановления аппаратуры ОДС после отказов в условиях ЧС, однако при проведении расчётов не учитывалось влияние режима электрической нагрузки на изменение интенсивности отказов ЭРИ, что снижает точность корректировки комплекта ЗТС.

В работе [6] получены и проанализированы выражения для оценки коэффициента готовности аппаратуры ОДС после отказов в условиях чрезвычайной ситуации, установлена взаимосвязь между коэффициентом готовности и обеспеченностью аппаратуры ОДС комплектом ЗТС, произведён вероятностный расчёт достаточности ЭРИ в комплекте ЗТС для восстановления и ремонта телекоммуникационной аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

В работе [7] предложена математическая модель расчёта эксплуатационной интенсивности отказов при различной электрической нагрузке, на основании которой проведён расчёт и оценено снижение вероятности безотказной работы и коэффициента оперативной готовности телекоммуникационной аппаратуры ОДС в режиме максимальной занятости в условиях ЧС по сравнению с дежурным режимом.

Постановка задачи и её решение. Проанализировав приведённые научные работы, выберем математическую модель для оценки влияния режима электрической нагрузки на корректировку обеспеченности аппа-

ратуры ОДС комплектом ЗТС при восстановлении её после отказов при функционирования в режиме максимальной занятости в условиях ЧС по сравнению с дежурным режимом.

Значения суммарной эксплуатационной интенсивности отказов (Λ_3) аппаратуры ОДС представленной в виде группы равнонадёжных с невысокой сложностью исполнения ЭРИ в количестве ($n=N$) в зависимости от уровня электрической нагрузки в условиях ЧС можно оценить по математической модели, имеющей вид [7]

$$\Lambda_3 = \sum_{j=1}^n \lambda_{3j} = N \cdot \lambda'_3 \times K_p \quad (1)$$

где λ_{3j} – интенсивность отказов j -ой группы ЭРИ; K_p – коэффициент режима, учитывающий изменение λ'_3 в зависимости от электрической нагрузки; $n = 1 \dots N$ – количество ЭРИ j -ой группы.

Задача корректировки обеспеченности аппаратуры ОДС комплектом ЗТС при восстановлении её после отказов в условиях ЧС заключается в определении требуемого количества элементов m в группе элементов комплекта ЗТС с помощью решения функции $m = f(\Lambda_3, t_n) = f(N, K_p, \lambda'_3, t_n)$, которая с учетом (1), зависит количества ЭРИ в группе N , интенсивности их отказов λ'_3 , времени пополнения комплекта ЗТС t_n и от коэффициента режима электрической нагрузки K_p . В предположения, что отказы независимы друг от друга, а их поток подчиняется закону Пуассона, воспользуемся для расчета корректировки обеспеченности аппаратуры ОДС комплектом ЗТС формулой вероятности недостаточности, как вероятности того, что число отказов за время t_n будет больше числа запасных элементов m , находящихся в комплекте ЗТС, и составит

$$P_n(n(t_n) > m) = \sum_{n=m+1}^{\infty} \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}} = \bar{\psi}(m+1; n_{cp}). \quad (2)$$

где $n_{cp} = N \cdot K_p \cdot \lambda'_3 \cdot t_n$ – математическое ожидание количества отказов; $\bar{\psi}(m+1; n_{cp})$ – функция, получаемая из табличной функции $\bar{\psi}(\chi; \mu)$, путём замены переменных $\chi = m+1; \mu = n_{cp}$.

При определении величины m зададимся достаточно малым значением вероятности недостаточности (2) $\bar{\psi}(m+1; n_{cp}) = 0.01$, и используем таблицы $\bar{\psi}(\chi; \mu)$, [8]. В качестве иллюстрации приведём некоторые значения m рассчитанные в табл. 1.

Табл. 1. Расчёт m , при $N=100$, $\bar{\psi}(m+1; n_{cp}) = 0.001$, $K_p=1; 1,4$

$K_p=1$															
t_n	1 мес. = 720 ч					3 мес. = 2160 ч					6 мес. = 4320 ч				
$\lambda, \cdot 10^{-6} \cdot \text{ч}^{-1}$	1	2,5	5	7,5	10	1	2,5	5	7,5	10	1	2,5	5	7,5	10
n_{cp}	0,07	0,2	0,4	0,5	0,7	0,2	0,6	1,1	1,6	2,2	0,4	1,1	2,2	3,2	4,3
$m = \chi - 1$	1	2	3	4	5	3	4	6	8	9	5	6	9	11	14
$K_p=1,4$															
n_{cp}	0,1	0,3	0,6	0,7	1	0,3	0,8	1,5	1,8	3	0,6	1,5	3	4,5	6
$m = \chi - 1$	2	3	4	5	6	4	5	7	9	11	6	7	11	14	17

Из табл. 1, определяется, например, что для группы ЭРИ с интенсивностью отказов $\lambda=10^{-5} \cdot \text{ч}^{-1}$ при времени пополнения $t_n = 6 \text{ мес.} = 4320 \text{ ч}$ рекомендуется заложить $m = 17$ элементов в комплект ЗТС. при восстановлении её после отказов при функционировании в режиме повышенной электрической нагрузки при максимальной занятости в условиях ЧС ($K_p=1,4$), при тех же условиях при работе аппаратуры ОДС в дежурном режиме ($K_p=1$) $m = 14$. Графики функции $m = f(N, K_p, \lambda, t_n)$, для нахождения необходимого числа запасных ЭРИ m данного типа в зависимости от числа их в аппаратуре N и интенсивности отказов λ , времени пополнения комплекта ЗТС t_n , а также режима электрической нагрузки K_p приведены на рис. 1.

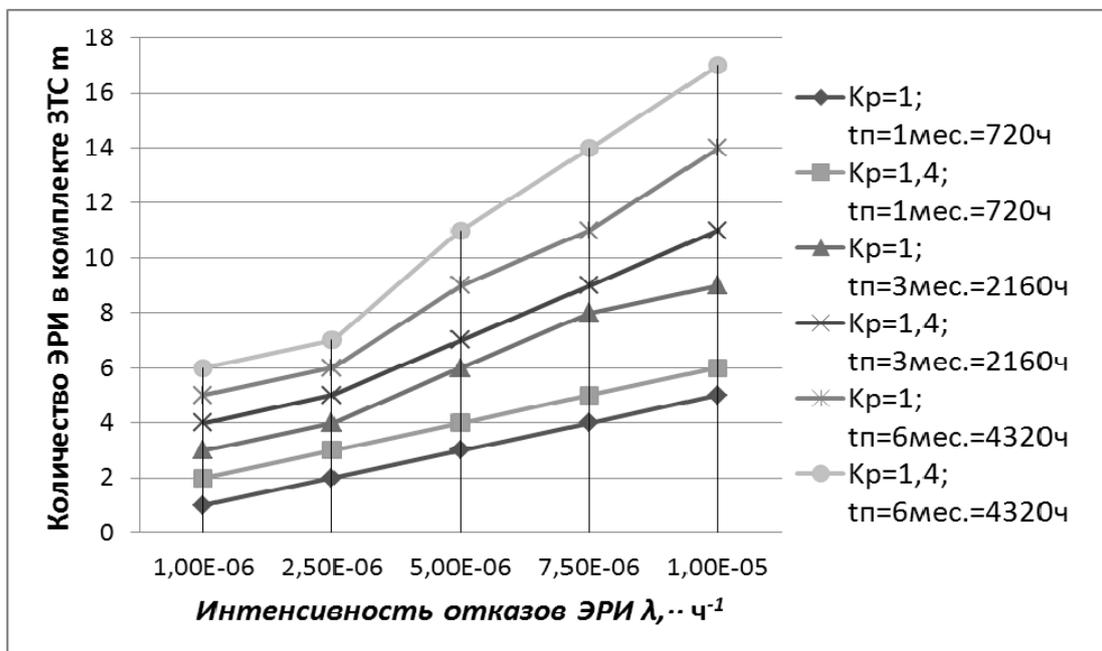


Рис. 1. График функции $m = f(N, K_p, \lambda, t_n)$, при $K_p=1; 1,4; N=100; t_n=720 \text{ ч}; 2160 \text{ ч}; 4320 \text{ ч}, \lambda=10^{-6} - 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$

Выводы. Представлена математическая модель, учитывающая влияния режима электрической нагрузки на корректировку обеспечен-

ности аппаратуры ОДС комплектом ЗТС. Количество ЭРИ ЗТС для работы ОДС в режиме повышенной электрической нагрузки при максимальной занятости в условиях ЧС целесообразно корректировать сторону увеличения приблизительно до 20% по сравнению с дежурным режимом при номинальной электрической нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леваков А.К. Задачи формирования комплекса резервных технических средств для восстановления отказов в сети электросвязи вследствие чрезвычайных ситуаций / А.К. Леваков // Электросвязь – наука. – М.: «Электросвязь». – 2013. – № 12. – С. 38-40.

2. Андрусевич А.А. Влияние изменения значений коэффициентов электрической нагрузки электрорадиоизделий на интенсивность отказов радиоэлектронных изделий [Электронный ресурс] / А.А. Андрусевич, Н.Г. Стародубцев, В.В. Невлюдова // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Харьков. – 2014. – Вып. 177. – С. 180-184. – Режим доступа: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/547?locale=ru>.

3. 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>.

4. Загора А.В. Методика расчёта времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / Е.Е., Селеенко, А.Б., Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ. – 2015. – №21. – С. 23-30. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol21/Zakora.pdf>.

5. Загора А.В. Методика расчёта количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / А.Б. Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ. – 2015. – №22. – С. 23-37. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Zakora.pdf>.

6. 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 // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ. – 2016. – № 23. – С. 20-26. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Zakora.pdf>.

7. Фещенко А.Б. Влияние режима электрической нагрузки на показатели надежности оперативной диспетчерской связи в условиях чрез-

вычайной ситуации [Электронный ресурс] / Е.Е. Селеенко, Д.Л. Соколов, А.Б. Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – № 24. – С. 62-67. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol24/zakora.pdf>.

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

Получено редколлегией 01.03.2017

А.Б. Фещенко, О.В. Загора, Є.Є. Селеєнко

Вплив режиму електричного навантаження на коректування забезпеченості апаратури оперативного диспетчерського зв'язку комплектом запасних технічних засобів при відновленні її після відмов в умовах надзвичайної ситуації

Представлена математична модель оцінки впливу режиму електричного навантаження на коректування забезпеченості апаратури оперативного диспетчерського зв'язку комплектом запасних технічних засобів. Зроблені розрахунки залежності забезпеченості апаратури оперативного диспетчерського зв'язку комплектом запасних технічних для режимів номінального й підвищеного електричного навантаження. Сформульовані рекомендації з коректування комплектів запасних технічних засобів апаратури оперативного диспетчерського зв'язку, і її відновленню після відмов функціонування в режимі підвищеного електричного навантаження в умовах надзвичайної ситуації.

Ключові слова: оперативний диспетчерський зв'язок, надзвичайна ситуація, електричне навантаження, запасні технічні засоби.

A.B. Feshchenko, O.V. Zakora, Y.Y. Seleenko

Influence of the mode of electrical loads for adjustment of security equipment operational control communication with a set of spare technical means when you restore it after failure in an emergency situation

The mathematical model of the impact of the mode of electrical loads for adjustment of security equipment operational control communication with a set of spare technical means. The calculation is based on the availability of equipment operational control communication with a set of spare technical for nominal and increased electrical loads. Recommendations on the adjustment of the sets of spare parts of technical equipment of equipment of operational dispatch communication, and recovery of failures in the regime of high electrical loads in an emergency situation.

Keywords: operational dispatch communication, an emergency electrical load, spare hardware.