

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

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ЗАПАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АППАРАТУРЫ ОПЕРАТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ ПОСЛЕ ОТКАЗОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

(представлено д-ром техн. наук Чубом И.А.)

Проведен анализ отказов, возникающих в аппаратуре оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации. Предложена методика расчета необходимого количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: оперативная диспетчерская связь, чрезвычайная ситуация, запасные технические средства, восстановление аппаратуры.

Постановка проблемы. Эффективность работы оперативной диспетчерской связи (ОДС) и оповещения по обеспечению устойчивого функционирования объектов экономики и первоочередной помощи пострадавшего населения в режиме чрезвычайной ситуации (ЧС) зависит, прежде всего, от показателей надежности, живучести и восстанавливаемости аппаратуры.

Степень влияния ЧС на работу сети электросвязи зависит от множества факторов [1]. В некоторых случаях ЧС приводит к длительным отказам элементов сети электросвязи. Для поддержки оперативной готовности ОДС необходимо воспользоваться резервными техническими средствами (РТС) и провести восстановление аппаратуры за счет запасных технических средств (ЗТС). Одной из проблем при этом является разработка численных методики корректировки и пополнения ЗТС для обслуживающего персонала ОДС.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2] и рассматривается классификация отказов, возникающих на современной телекоммуникационной аппаратуре в условиях ЧС по трем группам. К первой относятся отказы узлов коммутации (УК), в состав которых входит активное оборудование, необходимое для предоставления телекоммуникационных услуг. Вторую группу составляют транспортные ресурсы, служащие для формирования каналов обмена информацией. Третья группа – дополнительное оборудование, без которого поддержка ряда телекоммуникационных услуг возможна, но только с рядом ограничений.

Длительные отказы разделяют на два вида. К отказам первого вида относятся повреждения, вызванные непосредственным воздействием разрушительных сил ЧС. Длительные отказы транспортных ресурсов (линейных сооружений) учитывают возможные последствия от минимального (например, повреждение одного кабеля протяженностью менее 10 м) до максимального (предельный случай – разрушение всех линейных сооружений в сети электросвязи).

Отказы второго вида обусловлены прерыванием внешнего электропитания, вследствие которого УК перестает выполнять свои функции через некоторое время t_x , определяемое ресурсами внешнего электроснабжения.

Статистика последних лет показывает, что эксплуатируемые сети электросвязи, устойчивы к разрушениям, вызываемым ЧС. Чаще всего длительные отказы происходят из-за невозможности оперативного восстановления внешнего электропитания. Одним из способов поддержки работоспособности сетей электросвязи является формирование РТС [2].

В работе [3] при прерывании внешнего электропитания рассмотрен способ устранения отказа ОДС за счет перехода на резервный источник питания и представлена методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

В работе [4] представлены графо-аналитические методы определения периода регламентных работ датчиков ослабления последствий ЧС, позволяющие повысить коэффициент оперативной готовности аппаратуры.

Постановка задачи и ее решение. Проанализировав приведенные научные работы, сформулируем методику оценки необходимости корректировки комплекта ЗТС и расчета необходимого количества запасных элементов для аппаратуры ОДС и электропитания.

Корректировать комплектность ЗТС, необходимо учитывая и экономические факторы, так как комплект ЗТС для современной телекоммуникационной аппаратуры довольно дорог.

Корректировку можно выполнить по следующей методике. Сначала на основе опыта эксплуатации определяем интенсивность отказов λ_i данного типа элементов и реальное среднее время пополнения комплекта ЗТС t_{Π} . Затем, зная количество имеющихся запасных элементов m в комплект ЗТС, находим нижнюю и верхнюю границы интенсивностей отказов, с помощью при расчете доверительного интервала с помощью χ^2 распределения по формулам [5]

$$\lambda_{\text{ив}} = \frac{\chi^2_{p}(2m_i)}{2t_{\Pi}}; \quad , \quad (1)$$

$$\lambda_{\text{ин}} = \frac{\chi^2_{1-p}(2m_i + 2)}{2t_{\Pi}};$$

где $\lambda_{ин}, \lambda_{ив}$ – нижняя и верхняя границы интенсивностей отказов, соответственно; χ^2 – табличная функция распределения «хи-квадрат» для n_i – степеней свободы; m_i – количество заложенных в комплект ЗТС типовых элементов замены i -го типа; t_n – период пополнения комплекта ЗТС; p – вероятность достаточности комплекта ЗТС ($p = 0,9$ или $0,95$).

Если интенсивность отказов по данным эксплуатации удовлетворяет условию $\lambda_{ин} \leq \lambda_i \leq \lambda_{ив}$, то корректировка ЗТС не нужна. При $\lambda_i \geq \lambda_{ив}$ требуется увеличение количества запасных элементов, а при $\lambda_i < \lambda_{ин}$ это количество можно уменьшить.

Пример. Пусть за три года эксплуатации было зафиксировано 10 отказов. В комплект ЗТС заложено три элемента данного типа. Определить необходимость корректировки при времени пополнения $t_n = 1$ год = 8760 ч.

Решение:

– определяем интенсивность отказов элементов за три года эксплуатации

$$\lambda_i = \frac{10}{3 \cdot 8760} = 0,00038054 \approx 3,8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{ч},$$

– вычисляем величины $\lambda_{ин}, \lambda_{ив}$ при вероятности достаточности $p = 0,95$: по таблицам χ^2 – распределения

$$\lambda_{ин} = \frac{4}{2 \cdot 8760} = 2,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{ч}; \lambda_{ив} = \frac{11}{2 \cdot 8760} = 6,3 \cdot 10^{-4} \frac{1}{ч}.$$

В данном случае $\lambda_{ин} < \lambda_i < \lambda_{ив}$. Следовательно, корректировка не требуется.

С помощью вероятностных математических методов рассмотрим задачи комплектации аппаратуры запасными деталями, анализа расходования ЗТС и составления заявок на его пополнение, подготовкой материальной части к работе в условиях ЧС.

Задача определения необходимого количества элементов в комплекте ЗТС заключается в решении функции $m = f(N, \lambda, t_n)$, т. е. нахождении необходимого числа запасных элементов m данного типа в зависимости от числа их в аппаратуре N и интенсивности их отказов λ , а также времени пополнения комплекта ЗТС t_n . При этом исходим из предположения, что отказы независимы друг от друга, а их поток подчиняется закону Пуассона. Тогда вероятность числа отказов за время $t=t_n$ определяется зависимостью [5]

$$P_n(t = t_n) = \frac{(N\lambda t_n)^n}{n!} e^{-N\lambda t_n} = \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}}, \quad (2)$$

где $n_{cp} = N\lambda t_n$ – математическое ожидание количества отказов.

Введем вероятность достаточности ЗТС, как вероятность того, что число отказов n за время t_n будет не больше m (числа запасных элементов данного типа в комплекте ЗТС)

$$P_n(n(t_n) \leq m) = \sum_{n=0}^m \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}} = 1 - \bar{\psi}(m; n_{cp}), \quad (3)$$

где $\bar{\psi}(m; n_{cp})$ – функция, получаемая из табличной функции $\bar{\psi}(\chi; \mu)$, путем замены переменных [5].

При определении величины m выведем формулу вероятности недостаточности, как вероятность того, что число отказов за время t_n будет больше числа запасных элементов m , находящихся в комплекте ЗТС, и составит:

$$P_n(n(t_n) > m) = 1 - P_n(n(t_n) \leq m) = 1 - \sum_{n=0}^m \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}}. \quad (4)$$

С учетом (3) преобразуем выражение (4) к виду:

$$P_n(n(t_n) > m) = \sum_{n=m+1}^{\infty} \frac{(n_{cp})^n}{n!} e^{-n_{cp}} = \bar{\psi}(m+1; n_{cp}), \quad (5)$$

где $\bar{\psi}(m+1; n_{cp})$ – функция, получаемая из табличной функции $\bar{\psi}(\chi; \mu)$, путем замены переменных $\chi = m+1; \mu = n_{cp}$.

При определении величины m зададимся достаточно малым значением вероятности недостаточности (5) $\bar{\psi}(m+1; n_{cp}) = 0,01$ и используем таблицы $\bar{\psi}(\chi; \mu)$, [5]. В качестве иллюстрации приведем некоторые значения m рассчитанные в табл. 1.

Табл. 1. Расчет количества элементов комплекта ЗТС, при $N=100$, $\bar{\psi}(m+1; n_{cp}) = 0,01$

t_n	1мес. = 720ч					3мес. = 2160ч					6мес. = 4320ч				
$\lambda, \cdot 10^{-5}, \text{ч}^{-1}$	1	2,5	5	7,5	10	1	2,5	5	7,5	10	1	2,5	5	7,5	10
n_{cp}	0,7	1,8	4	5	7	2	6	11	16	22	4,3	11	22	32	43
$m = \chi - 1$	3	5	8	11	14	6	11	19	26	33	10	19	33	43	55

Из табл. 1 определяется, например, что для элемента с интенсивностью отказов $\lambda=10^{-5} \cdot \text{ч}^{-1}$ при времени пополнения $t_{\text{п}} = 6 \text{мес.} = 4320 \text{ч}$ рекомендуется заложить $m = 10$ элементов в комплект ЗТС. также из анализа полученных расчетов следует, что с уменьшением λ и $t_{\text{п}}$ величина m уменьшается.

В качестве рекомендаций следует отметить, что нет острой необходимости каждую единицу однотипной техники полностью обеспечивать элементами в комплекте ЗТС. Достаточно создать групповые комплекты ЗТС, куда и заложить те элементы, которые применены в аппаратуре в небольших количествах и вероятность выхода которых из строя очень мала. Для каждой единицы ОДС достаточно иметь индивидуальные комплекты ЗТС, в которых находятся, прежде всего, элементы с высокой вероятностью отказа. При групповых комплектах ЗТС, рассчитанных на несколько единиц ОДС, целесообразно иметь и некоторую ремонтно-технологическую оснастку, с помощью которой можно восстанавливать часть элементной базы. Современную телекоммуникационную аппаратуру в условиях ЧС восстанавливать сиюминутно нецелесообразно, необходимо для восстановления работоспособности воспользоваться РТС, а затем производить ремонт отказавшей аппаратуры ОДС по возможности в специальных ремонтных органах.

Выводы. Предложенная методика позволяет оценивать необходимость корректировки комплектности ЗТС теми или иными элементами, производить вероятностный расчет необходимого количества элементов в комплекте ЗТС, формировать рекомендации по организации восстановления и ремонта телекоммуникационной аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леваков А.К. Особенности функционирования телекоммуникационных сетей следующего поколения в чрезвычайных ситуациях / А.К. Леваков. – М.: ИРИАС, 2012. – 107 с.
2. 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.
3. Загора А.В. Методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации / Е.Е. Селеенко, А.Б. Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №21. – С. 23 – 30.
4. Абрамов Ю.А. Выбор метода определения проведения регламентных работ датчиков систем ослабления последствий чрезвычай-

ных ситуаций / Ю.А. Абрамов, Е.Е. Кальченко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – №21. – С. 3-6.

5. Справочник по вероятностным расчетам. – М.: Воениздат, 1966. – С. 67-69.

О.В. Загора, А.Б. Фещенко

Методика розрахунків кількості запасних технічних засобів для відновлення апаратури оперативного диспетчерського зв'язку після відмов в умовах надзвичайної ситуації

Проведений аналіз відмов, що виникають в апаратурі оперативного диспетчерського зв'язку в умовах надзвичайної ситуації. Запропонована методика розрахунків необхідної кількості запасних технічних засобів для відновлення апаратури оперативного диспетчерського зв'язку після відмов в умовах надзвичайної ситуації.

Ключові слова: оперативна диспетчерська зв'язок, надзвичайна ситуація, запасні технічні засоби, відновлення апаратури.

O.V. Zakora, A.B. Feshchenko

Calculation of spare technical means to restore operative dispatcher connection after the rejection in emergencies

The analysis of failures occurring in the equipment operative dispatch communication in an emergency. The method for calculating the required number of replacement hardware to restore the equipment after dispatching communication failure in an emergency situation.

Keywords: dispatching communications, emergency, hardware replacement, rehabilitation equipment.