

ББК 32.85

Канд. техн. наук, доцент Жаднов В.В.

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г.Москва

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗИ

Современные автоматизированные системы управления и связи (АСУС) по классификации ГОСТ 27.003 [1] относятся к восстанавливаемым изделиям, для которых нормируются показатели ремонтпригодности. Очевидно, что чем лучше значения этих показателей, тем выше эффективность функционирования АСУС. Поскольку технические средства АСУС представляют собой, в основной своей массе, электронные средства, то для расчетов их показателей ремонтпригодности можно применять методики расчета показателей ремонтпригодности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), приведенные в ОСТ 4.012.012 [2].

Эти методики предназначены для использования на стадии технического проектирования (ТП). На этапе разработки рабочей документации опытного образца АСУС методики могут применяться в случае, если невозможно (или нецелесообразно) проведение испытаний по определению его показателей ремонтпригодности.

Методики предназначены для расчета среднего времени восстановления АСУС, которые представляют собой изделия вида I по ГОСТ 27.003 [1] и изделия вида II, отнесенные к изделиям вида I путем введения понятия отказа. В методиках принято, что контроль работоспособности АСУС, а также отыскание отказавшей составной части (СЧ) и, если возможно, сменного элемента (СЭ) в ней, проводится с помощью автоматических или автоматизированных систем контроля (АСК), причем если контроль работоспособности АСУС возможен без нарушения ее функционирования, то он осуществляется непрерывно.

Целями расчетов являются:

- оценка показателей ремонтпригодности АСУС;
- разработка по результатам расчетов мероприятий для обеспечения тактико-технических требований по показателям ремонтпригодности или по комплексным показателям надежности.

В соответствии с методиками ОСТ 4.012.012 [2] расчет среднего времени восстановления проводится в два этапа:

I этап: Расчет среднего времени восстановления СЧ;

II этап: Расчет среднего времени восстановления АСУС в целом.

Рассмотрим каждый из этих этапов.

В общем случае среднее время восстановления СЧ ($t_{\text{в}}$) определяются по формуле:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{об}} + t_{\text{от}} + t_{\text{у}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{об}}$ - среднее время обнаружения отказа СЧ;
 $t_{\text{от}}$ - среднее время отыскания отказавшего СЭ;
 $t_{\text{у}}$ - среднее время устранения отказа СЧ.

В частном случае, когда устранение отказа СЧ проводится путем ее замены из состава ЗИП, среднее время восстановления СЧ определяется по формуле:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{об}} + t_{\text{з}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{з}}$ - среднее время замены СЧ из состава ЗИП.

Слагаемое $t_{\text{об}}$ в формуле (1) определяется на основе параметров работоспособности СЧ, под которыми понимаются выходные параметры СЧ, определяющие их работоспособность, по формуле:

$$t_{\text{об}} = \frac{\sum_{i=1}^N (t_{\text{об}i} \cdot n_i)}{\sum_{i=1}^N n_i}, \quad (3)$$

где $t_{\text{об}i}$ - среднее время обнаружения отклонения за пределы допусков параметров работоспособности СЧ через отклонение за пределы допусков параметров работоспособности АСУС;

n_i - количество параметров работоспособности СЧ, среднее время обнаружения отклонения которых за пределы допусков равно $t_{\text{об}i}$;

N - количество различных значений среднего времени обнаружения отклонения за пределы допусков параметров работоспособности СЧ.

Из (3) следует, что среднее время обнаружения отклонения за пределы допуска параметра работоспособности СЧ равно среднему времени обнаружения отклонения за пределы допуска параметра работоспособности АСУС, на который влияет рассматриваемый параметр работоспособности СЧ:

$$t_{\text{обСЧ}} = t_{\text{обАСУС}}. \quad (4)$$

Если параметр работоспособности СЧ влияет на несколько параметров работоспособности РЭА с различными значениями среднего времени обнаружения, то:

$$t_{\text{обСЧ}} = \min_{i=1, I} (t_{\text{об}1\text{АСУС}}, t_{\text{об}2\text{АСУС}}, \dots, t_{\text{об}I\text{АСУС}}). \quad (5)$$

Среднее время обнаружения отклонения параметров работоспособности за пределы допуска определяется в зависимости от

условий:

- если отклонение параметра за пределы допуска проявляется для обслуживающего персонала сразу через рабочие индикаторы АСУС или по другим каким-либо прямым или косвенным признакам, то

$$t_{об} = 0; \quad (6)$$

- если отклонение параметра не является очевидным, а обнаруживается в результате контроля работоспособности РЭА (или СЧ), осуществляемого с периодом регулярного контроля (T_k), то

$$t_{об} = \frac{T_k}{2}, \quad (7)$$

при этом если контроль работоспособности АСУС (или СЧ) невозможен без нарушения ее функционирования, то значение T_k вычисляется из условия получения максимального коэффициента технического использования контролируемой АСУС (СЧ):

$$T_k = \sqrt{2 \cdot T_0 \cdot \tau}, \quad (8)$$

где T_0 - наработка на отказ контролируемой АСУС (СЧ);

τ - продолжительность контроля параметров работоспособности АСУС (СЧ);

- если отклонение параметра не является очевидным, а обнаруживается в результате контроля работоспособности АСУС (или СЧ), осуществляемого через случайные, распределенные по экспоненциальному закону, промежутки времени со средним периодом контроля (T_k), то:

$$t_{об} = T_k. \quad (9)$$

Слагаемое $t_{от}$ в формуле (1) определяется по формуле:

$$t_{от} = t_n + \frac{\sum_{i=1}^K [\lambda_{сп_i} \cdot (t_{под_i} + t_{про_i})]}{\sum_{i=1}^K \lambda_{сп_i}}, \quad (10)$$

где t_n - время подготовки СЧ к отысканию отказавшего СЭ;

K - количество групп СЭ в СЧ;

$\lambda_{сп_i}$ - суммарная интенсивность отказов i -й группы СЭ;

$t_{под_i}$ - общее время подготовки средств проверки, применяемых при отыскании отказавшего СЭ i -й группы;

$t_{про_i}$ - время проверки параметров при отыскании отказавшего СЭ i -й группы.

Значение $t_{про_i}$ в формуле (5) определяется формуле:

$$t_{\text{проф}} = \sum_{s=1}^{S_i} \sum_{p=1}^{P_i} m_{s,p} \cdot t_{\text{проф}_{s,p}}, \quad (11)$$

где S_i - количество средств проверки, применяемых при отыскании отказавшей СЧ из i -й группы;

P_i - количество вариантов конструктивного выполнения СЭ, проверяемых при отыскании отказавшего СЭ из i -й группы;

$m_{s,p}$ - количество параметров, проверяемых s -м средством проверки при p -м варианте конструктивного выполнения СЭ при отыскании отказавшего СЭ из i -й группы;

$t_{\text{проф}_{s,p}}$ - время проверки одного параметра s -м средством проверки при p -м варианте конструктивного выполнения СЭ.

Слагаемое t_y в формуле (1) определяется по формуле:

$$t_y = \frac{\sum_{i=1}^K (\lambda_{\text{эп}_i} \cdot t_{\text{устр}_i})}{\sum_{i=1}^K \lambda_{\text{эп}_i}}, \quad (12)$$

где $t_{\text{устр}_i}$ - время, затрачиваемое на проведение операций по устранению отказа СЭ.

На втором этапе определяется среднее время восстановления РЭА (Тв) по формуле:

$$T_v = \frac{\sum_{i=1}^L (t_{\text{в}_i} \cdot \lambda_i)}{\sum_{i=1}^L \lambda_i}, \quad (13)$$

где $t_{\text{в}_i}$ - среднее время восстановления i -й СЧ;

λ_i - интенсивность отказов i -й СЧ; L - количество СЧ в РЭА.

Однако, в ОСТ 4Г 0.012.242 [3] указано, что формула (13) справедлива только для РЭА с «последовательной» структурной схемой надежности (СН), у которой при восстановлении одной СЧ остальные переводятся в ненагруженный режим (режим ожидания). В то же время для современных АСУС характерно независимое восстановление СЧ, при котором во время восстановления отказавшей СЧ остальные остаются в нагруженном (рабочем) режиме.

Для этого случая в ОСТ 4Г 0.012.242 [3] приведена следующая формула:

$$T_{\varepsilon} = T_0 \cdot \frac{1 - K_{\Gamma}}{K_{\Gamma}}, \quad (14)$$

где T_0 - среднее время наработки на отказ РЭА;
 K_{Γ} - коэффициент готовности РЭА.

$$K_{\Gamma} = \prod_{i=1}^L K_{\Gamma_i}, \quad (15)$$

где K_{Γ_i} - коэффициент готовности i -й СЧ.

Таким образом, для расчетов среднего времени восстановления СЧ можно использовать методики ОСТ 4.012.012 [2], а для расчета среднего времени восстановления АСУС в целом вместо формулы (13) следует использовать формулу (14).

Кроме того, в ОСТ 4.012.012 [2] не приведено формулы для расчета значения t_3 в формуле (2). Поскольку t_3 характеризует среднее время замены СЧ из состава ЗИП, можно предположить, что:

$$t_3 = \Delta t_{\text{ЗИП}} + t_{\text{А.Р}}, \quad (16)$$

где $\Delta t_{\text{ЗИП}}$ - среднее время задержки удовлетворения заявки системой ЗИП;
 $t_{\text{А.Р}}$ - среднее время активного ремонта АСУС (замены СЧ).

Значение $\Delta t_{\text{ЗИП}}$ может быть получено с помощью методик, приведенных в ГОСТ РВ 27.1.03 [4], или с использованием программного обеспечения, например, системы АСОНИКА-К-ЗИП программного комплекса АСОНИКА-К [5].

Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2015 году.

Литература

1. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.
2. ОСТ 4.012.012-83. Аппаратура радиоэлектронная. Расчет среднего времени восстановления.
3. ОСТ 4Г 0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности.
4. ГОСТ РВ 27.1.03-2005. Надёжность военной техники. Оценка и расчёт запасов в комплектах ЗИП.
5. Абрамешин А.Е., Жаднов В.В., Полесский С.Н. Информационная технология обеспечения надёжности электронных средств наземно-космических систем: Научное издание / Отв. ред. В.В. Жаднов. - Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2012. - 565 с.