

УДК 621.396.6.019.3

А.В. Челпанов, О.В. Карпенко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Анализируются проблемные вопросы эксплуатации и ремонта РЛС, рассматриваются основные неисправности, возникающие в процессе эксплуатации РЛС, возможности повышения эффективности организации технического обслуживания аппаратуры и модернизации отдельных узлов с целью продления назначенного ресурса эксплуатации и сокращения времени восстановления боеготовности.

техническое обслуживание, радиотехнические системы специального назначения

Введение

Постановка проблемы. К основным проблемам эксплуатации и обеспечения готовности вооружения и военной техники радиотехнических войск (РТВ) следует отнести следующее:

– продолжительный срок и интенсивный режим эксплуатации вооружения, значительный расход ресурса радиолокационных станций (РЛС), приводящий к сокращению времени наработки на отказ и к увеличению количества отказов в процессе боевой работы;

– физическое старение ряда элементов и узлов РТС, в первую очередь передающих систем (усилительных приборов) и механических частей, что обуславливает значительную сложность ремонта этих элементов и сборочных единиц;

– необходимость обеспечения высокой технической готовности РТС, в частности за счёт сокращения времени устранения неисправностей, сокращения времени входа на техническое обслуживание (ТО);

– работа в неблагоприятных условиях эксплуатации;

– недостаточный комплект и обеспечение средствами ЗИП, что требует высокой ремонтпригодности, стандартизации и унификации основных узлов РЭА.

Кроме того, необходимо совершенствовать систему сбора, обработки и анализа информации о надёжности и ремонтпригодности аппаратуры, которая позволяет решить следующие основные задачи эксплуатации РТС:

– определение и оценка показателей надёжности и ремонтпригодности изделий;

– разработка мероприятий, направленных на повышение качества ремонтов и снижение затрат на их проведение;

– разработка мероприятий, направленных на соблюдение правил эксплуатации и повышение эффективности технического обслуживания и текущих ремонтов;

– выявление деталей и сборочных единиц, ограничивающих надёжность конечных изделий;

– определение закономерностей возникновения отказов;

– установление влияния режимов эксплуатации на надёжность изделий;

– корректировка нормируемых показателей надёжности;

– оптимизация норм расхода запасных частей, выявление недостатков эксплуатации РТС;

– определение эффективности мероприятий, направленных на повышение надёжности изделий;

– выявление конструктивных и технологических недостатков изделий, снижающих надёжность.

В процессе эксплуатации радиолокационного вооружения (РЛВ) в радиотехнических войсках часто возникает необходимость устранения неисправностей, возникающих по различным причинам. К таким причинам можно отнести следующие: некачественное проведение технического обслуживания вооружения и военной техники, влияние внешних условий эксплуатации, недостаточный уровень профессиональной подготовки обслуживающего персонала (до 20-30 % неисправностей [1]), недоработки в конструкции отдельных узлов и блоков системы.

Анализ литературы. Теоретические вопросы по надёжности систем, повышению их назначенного ресурса достаточно широко отражены в литературе. Так в [1, 2] рассмотрены основные показатели надёжности и ремонтпригодности РЭА, порядок их оценки, вопросы организации эксплуатации и ремонта.

В [3, 4] рассматриваются возможности повышения эффективности организации и проведения технического обслуживания РТС на основе анализа статистической информации о надёжности и ремонтпригодности аппаратуры.

Целью статьи является анализ результатов эксплуатации ряда РЛС РТВ и разработка предложений по повышению надёжности отдельных систем, а также повышению эффективности проведения мероприятий технического обслуживания вооружения и военной техники РТВ.

Основная часть

Как видно из постановки проблемы, надёжность РЛС в той или иной степени зависит от различных факторов, которые можно разделить на объективные и субъективные. К субъективным причинам относят влияние деятельности обслуживающего персонала. К объективным относят факторы, которые подразделяются на внешние, приводящие к отказам по независящим от аппаратуры причинам (климатические, механические воздействия, режим работы, ионизирующее излучение и пр.) и на внутренние, приводящие к отказам по зависящим от самой аппаратуры и входящих в неё элементов причинам. Рассмотрим подробнее субъективные внутренние причины, в частности причины низкой надёжности отдельных узлов и блоков. Как показывает опыт эксплуатации, в каждой РТС имеется ряд элементов, значительно снижающих общую надёжность РТС. В первую очередь к ним относятся элементы приёмных и, особенно, передающих систем. Анализ результатов эксплуатации типовых РЛС РТВ даёт возможность выделить наиболее характерные отказы аппаратуры и причины их возникновения. На основе проведенного анализа разработаны предложения по повышению надёжности и ремонтпригодности систем РЛС. К таковым можно отнести:

- 1) установку дополнительных элементов в схему охлаждения усилительных ламп (ЛБВ);
- 2) внесение изменений в схему системы жидкостного охлаждения РЛС;
- 3) использование оптимальной установки теплоэлектронагревателей (ТЭН) в системе жидкостно-воздушного охлаждения;
- 4) унификация отдельных элементов приёмно-передающих трактов (в частности, предлагается сделать их независимыми от конкретного номера канала и литеры РЛС);
- 5) замену штатных фотоконтрольных устройств цифровыми фотоаппаратами.

Рассмотрим более подробно данные предложения. Применения дополнительного охлаждения в РЛС 35Дб усилительной лампы типа УВ-453 обусловлено чрезмерным её нагреванием во время эксплуатации и высокой вероятностью выхода из строя по этой причине.

Установка ТЭН в системе воздушно-жидкостного охлаждения предназначена для нагрева охлаждающей жидкости до температуры 20 °С в момент включения РЛС. Подогрев необходим для вывода температуры клистрона на рабочий режим, чем достигается высокая стабильность генерируемой им частоты. Мощность этой установки ТЭН такова, что зачастую возникает вероятность возгорания РЛС. Поэтому ТЭН мощностью 45 кВт, как показывает опыт эксплуатации РЛС, нет необходимости устанавливать, а можно обойтись ТЭН меньшей мощности (как следует из расчётов, за 3 минуты, которые проходят от момента начала отработки программы

включения РЛС до подачи высокого напряжения на клистрон достаточно мощности).

В качестве примера унификации элементов высокочастотного приёмно-передающего тракта можно привести замену субблока 244ВВ волноводным двойником (тройником). Такая замена часто является вынужденной по причине отсутствия блока 244ВВ в ЗИП РЛС 35Дб. Недостаточная комплектация вызвана прежде всего тем, что на каждый подканал РЛС конкретной литеры подходит только определённый субблок 244ВВ. При замене субблока двойником приходится исключать один канал (как правило – дополнительный канал ДК2, не принимающий участия в боевой работе и предназначенный только для проведения контроля функционирования РЛС), что, с одной стороны, позволяет сократить время на восстановление боеготовности РЛС. Вместе с тем, исключение канала ДК2 не повлияет на ведение боевой работы, а при проведении функционального контроля (предбоевого контроля функционирования) – незначительное переключение фишек на блоке 354ПП. Вместе с тем, увеличение мощности сигнала гетеродина в шкафу 354ГБ, которое возникает за счёт замены блока 244ВВ блоком типа «волноводный двойник», можно выровнять и довести до номинального регулировкой сигнала аттенуатором ИЗБВ08 в шкафу 355ГБ. В результате замены блока 244ВВ блоком типа «волноводный двойник», как показывает опыт эксплуатации, время проведения ремонта и время восстановления боеготовности РЛС можно существенно сократить.

Рассмотрим целесообразность замены штатной фотокамеры в системе объективного контроля цифровой фотокамерой. Как правило, в 10-15% случаев начальник РЛС не имеет возможности отчитаться по материалам объективного контроля по причине отказов в устройстве ведения объективного контроля. К таким неисправностям можно отнести: обрыв плёнки, отказ в субблоке питания (ИЗБВ13), неполное открывание шторки во время экспозиции, механические неисправности в устройстве спуска затвора фотокамеры. В большинстве случаев срок годности фотоплёнки, которая используется для ведения фотоконтроля и реактивов, используемых для её проявки и печати фотографий, истёк 10-15 лет назад, что влечёт за собой малую вероятность получения качественных фотографий с материалами объективного контроля.

Все эти проблемы, возникающие во время проведения и отработки материалов объективного контроля, дополняются высокой стоимостью фотоплёнки (до 73 гр.), используемой в штатных фотокамерах РЛС существующего парка, высокой стоимостью реактивов, длительным временем отработки материалов объективного контроля.

Таким образом, целесообразность замены аналоговой фотокамеры цифровой очевидна. Однако для такой замены необходим выбор камеры, удовлетворяющей целому ряду требований. К ним относятся:

возможность выбора выдержки, соответствующей требованиям руководящих документов по ведению фотоконтроля на различных РЛС (до пяти минут), высокая разрешающая способность, ёмкость памяти, достаточная для записи фотоконтролей большой длительности, простота в эксплуатации и обслуживании, возможность замены камеры в полевых условиях и пр.

Далее рассмотрим возможность повышения надёжности РТС путём оптимизации планирования и проведения технического обслуживания систем вооружения. Это может быть обеспечено следующим образом: *адаптацией* ТО к конкретному образцу техники; *принятием решения* о необходимости проведения ТО по результатам оценки текущего состояния аппаратуры; *планированием* проведения ТО по оценкам статистической информации о состоянии элементов и систем вооружения.

Проведение ТО, в частности, регламентных (профилактических) работ, обеспечивает предупреждение отказов аппаратуры и их своевременное обнаружение (т.е. повышает надёжность систем), однако требует определённых временных и материальных затрат. Следовательно, необходимо оптимизировать как периодичность, так и объём профилактического обслуживания.

В качестве критерия (показателя) эффективности может быть выбрано среднее время небоеготового состояния системы на интервале эксплуатации τ $T(\tau)$, которое включает в себя среднее время на обнаружение и устранение отказов T_B и среднее время вывода системы на ТО $T_{II}(\tau)$:

$$T(\tau) = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \frac{T_B(\tau) + T_{II}(\tau)}{\tau}, \quad (1)$$

где $T_{B(\tau)} = m\tau_B$; $T_{II(\tau)} = n\tau_{II}$; m, n – соответственно среднее число отказов системы и проведенных ТО; τ_B, τ_{II} – соответственно среднее время на устранение одного отказа и на проведение ТО.

Уменьшение периодичности проведения ТО t_n обеспечивает предупреждение и обнаружение отказов аппаратуры, т.е. уменьшается T_B , но в то же время увеличивается составляющая T_{II} . Очевидно, при $\tau_{II} < \tau_B$ существует оптимальное значение периодичности проведения ТО t_{nopt} , при котором $T(\tau)$ будет минимальным. Значение $t_n = t_{nopt}$ можно определить из соотношения $\frac{dT(\tau)}{dt_n} = 0$. В результате будем иметь уравнение [3]:

$$\lambda(t_n) \int_0^{t_n} [1 - F(t)] dt - F(t_n) = \frac{\tau_B}{\tau_B - \tau_{II}},$$

где $F(t)$ – распределение времени наработки на отказ.

Для случая, когда время до отказа для «старейшей» системы распределено по закону Вейбулла

с интенсивностью отказов $\lambda(t) = \alpha t^{\alpha-1} / (bt_n)$ и параметрами $\alpha = 2, b = 12$ [4], приведены графические зависимости среднего времени небоеготового состояния системы T от периодичности проведения ТО t_n (рис. 1).

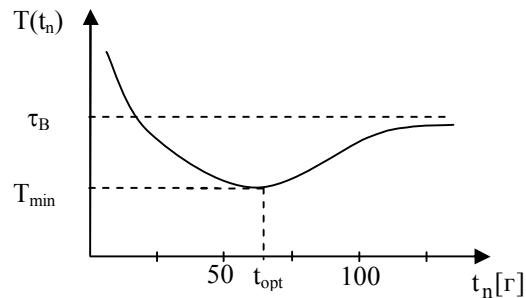


Рис. 1. Зависимости среднего времени небоеготового состояния системы T от периодичности проведения ТО

Из рисунка видно, что существует оптимальный период проведения ТО t_{nopt} , при котором среднее время небоеготового состояния системы T будет минимальным $T = T_{min}$.

Установленные периодичность и объём ТО могут быть скорректированы в ту или другую сторону на основе сравнительного анализа текущей статистической информации о надёжности и ремонтпригодности аппаратуры за 2-3 последовательных периода её эксплуатации (например, 2-3 декады месяца).

В частности, увеличение интенсивности отказов и снижение ТТХ до определённого уровня может служить основанием для проведения внеплановых профилактических (регламентных) работ.

Выводы

Таким образом, в результате более эффективной организации мероприятий по проведению технического обслуживания РТС можно обеспечить повышение надёжности систем и их готовность к боевому применению.

Список литературы

1. Левин Б.Р. Теория надёжности радиотехнических систем. – М.: Сов. радио, 1978. – 264 с.
2. Основы эксплуатации РЭА / Под ред. В.Ю. Лавриненко. – М.: Высш. школа, 1978. – 320 с.
3. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надёжности: Пер. с англ. под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Сов. радио, 1969.
4. Лазутський А.Ф., Челпанов В.В. Методика проведення технічного обслуговування озброєння для відновлення ресурсу // Зб. наукових праць. – Х.: XI ВПС, 2004. – Вип. 2 (11). – С. 91-94.

Поступила в редколлегию 16.03.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.