

УДК 62 – 192;006.354

Б.Н. Ланецкий¹, В.В. Лукьянчук¹, В.С. Жуков¹, И.Н. Теребуха²

¹Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

²Воинская часть А0800, Одесса

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА БРИГАД ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПАРКА ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГРУППИРОВКИ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ ВОЙСК

Рассматриваются основные положения методики обоснования составов и количества бригад текущего ремонта радиоэлектронных средств парка зенитных ракетных комплексов группировки зенитных ракетных войск, при которых обеспечиваются требуемые показатели качества текущего ремонта и минимум удельных (суммарных) затрат на формирование и функционирование системы текущего ремонта. Методика разработана с учётом особенностей организации текущего ремонта радиоэлектронных средств зенитных ракетных комплексов при освоении и последующей их эксплуатации по техническому состоянию. Методика может быть использована при обосновании направлений совершенствования систем технического обслуживания и ремонта эксплуатируемого парка зенитных ракетных комплексов группировки зенитных ракетных войск и обосновании требований к системам технического обслуживания и ремонта разрабатываемых комплексов зенитного ракетного оружия.

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, зенитный ракетный комплекс, группировка зенитных ракетных войск, эксплуатация по техническому состоянию, бригада текущего ремонта, модели процесса текущего ремонта, затраты средств на текущий ремонт.

Введение

Постановка проблемы. При регламентированных стратегиях эксплуатации зенитного ракетного оружия (ЗРО) основным методом технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) радиоэлектронных средств (РЭС) парка зенитных ракетных комплексов (ЗРК) группировки ЗРВ является метод ТО и Р эксплуатационным персоналом (с привлечением, при необходимости, специалистов подразделений ТО и Р соединения (части)). Реализация такого метода при выполнении текущих ремонтов (ТР) РЭС

парка ЗРК характеризуется большими потребностями в специалистах высокой квалификации при низкой их занятости, расходом дополнительных средств на поддержание требуемого уровня квалификации исполнителей ТР, необходимостью обеспечения значительным количеством запасных частей в одиночных комплектах ЗИП, низким коэффициентом использования средств измерения, большим расходом технического ресурса ЗРО на восстановление работоспособности (РС), а так же значительными временными, материальными и другими затратами.

С переводом ЗРО на експлуатацию по техническому состоянию (ЭТС) [1, 2] изменяются виды и объёмы работ по поддержанию и восстановлению РЭС ЗРК, выполняемых в системе ТО и Р (дополнительно вводятся работы по контролю предельного состояния, восстановительные работы (ВР), бригады контрольно-восстановительных работ (КВР) и др.), повышаются требования к квалификации специалистов бригад ТО и ТР соединений (частей) ЗРВ, к уровням оснащённости этих бригад специализированными средствами диагностики, ТО и ТР.

Несоответствие между реализованными организационными методами ТР РЭС ЗРК и требованиями к качеству и продолжительности выполнения ТР является одной из причин дополнительных простоев ЗРК группировки ЗРВ в неработоспособных состояниях (НРС), что, в свою очередь, требует обоснования и внедрения более совершенных организационных методов ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ, в частности, централизованных, децентрализованных, специализированными организациями [7] и др.

Совершенствование организационных методов ТР РЭС ЗРК группировки ЗРВ должно быть направлено на более глубокую специализацию исполнителей и бригад ТР с разделением их по сложности выполняемых работ при восстановлении РС функциональных систем (ФС) РЭС ЗРК, на использование современных специализированных средств диагностирования и других средств ТР.

При внедрении более совершенных методов ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ должно обеспечиваться выполнение требований к показателям качества ТР при минимизации суммарных или удельных стоимостных затрат на совершенствование (формирование) системы ТР и обеспечение её функционирования в течение заданной продолжительности эксплуатации ЗРК группировки ЗРВ. В связи с этим разработка методики обоснования состава и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы обоснования состава и количества бригад ТР РЭС ЗРК рассматривались в работах [2 – 6], в частности, при обосновании организационных методов ТО и ТР РЭС ЗРК. Однако в этих работах рассматривался ограниченный набор факторов, влияющих на эффективность системы ТР РЭС парка ЗРК, в частности, не рассматривались возможности по использованию смешанных методов ТР с использованием исполнителей ТР разных уровней квалификации и различных вариантов территориального размещения ЗРК в группировках ЗРВ. В этих работах не учитывались особенности решения задач поддержания и восстановления РС РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ при ЭТС, требования к исполнителям КВР, их

квалификации, к бригадам ТР различных уровней, что, в свою очередь, не позволяет разрабатывать рекомендации по обоснованию состава и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ с учётом особенностей их перевода на ЭТС и последующей ЭТС. Так, в [2, 4] рассматривались особенности организации ТР РЭС ЗРК при использовании бригад ТР одного уровня (или эксплуатационным персоналом ЗРК или выездными бригадами ТР соединения (части) ЗРВ), упрощенно оценивались показатели эффективности системы ТР и др.

Из проведенного анализа последних исследований и публикаций следует, что до настоящего времени задача обоснования требований к квалификации исполнителей ТР, составу и количеству бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ при внедрении методов ЭТС и последующей ЭТС остаётся не решенной.

Цель статьи. Разработка методики обоснования состава и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ, при которых обеспечивается выполнение требований к показателям качества ТР, а суммарные или удельные затраты на формирование и функционирование системы ТР будут минимальными.

Основной материал

При обосновании состава и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ используется выше сформулированный критерий.

При этом используются результаты исследований по оцениванию влияния различных вариантов состава бригад ТР и их количества на показатели качества ТР РЭС ЗРК и показатели эффективности функционирования системы ТР [6]. Каждый вариант состава и количества бригад ТР предусматривает использование различного числа специалистов соответствующих квалификаций и различных средств ТР (комплектов ЗИП, средств диагностирования и других средств ТР).

В [6] эффективность ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ предлагается оценивать по показателям: коэффициент готовности парка ЗРК группировки ЗРВ; продолжительности нахождения в НРС количества ЗРК не более заданного; вероятности нахождения в произвольный момент времени в НРС числа ЗРК, не превышающего заданного и др.

В свою очередь, продолжительности нахождения РЭС каждого ЗРК группировки ЗРВ или определённого их числа в НРС определяются продолжительностями выполнения операций ТР специалистами бригад ТР, наличием в группировке ЗРВ свободных бригад ТР, временем их доставки к местам проведения ТР и др. факторами. Продолжительности ТР различной сложности РЭС ЗРК группировки ЗРВ и трудозатраты на их выполнение зависят от составов бригад ТР (специальностей, квалификации и количе-

ства исполнителей), количества бригад ТР в системе ТР, их территориального размещения в группировке ЗРВ, оснащённости необходимыми средствами ТР, и др. факторов.

В методике РЭС ЗРК, рассматриваемые как объекты ТР, представлены в виде совокупности F ФС, отказы которых в зависимости от уровней сложности выполнения ТР (несложного, средней сложности и повышенной сложности). разбиты по типам (до трёх) с соответствующими интенсивностями λ_{fs} , $f = \overline{1, F}$, $s = \overline{1, 3}$. Сложность выполнения ТР ФС определяется конструкцией ФС, её приспособленностью к контролю РС, к использованию различных методов поиска места отказа, легкоослабляемостью и легкозаменяемостью их составных частей, сложностью средств ТР, используемых при ТО, ТР и др. факторами.

По возможностям выполнения ТР различной сложности бригады ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ разбиты на три уровня. В зависимости от сложности выполняемых операций ТР, используемых средств ТР бригада ТР каждого уровня комплектуется специалистами различных уровней квалификации (квалификационных разрядов). Квалификационные разряды специалистов бригад ТР могут быть квантованы в соответствии с тарифно-квалификационными справочниками, используемые в промышленности, а затраты на их содержание – по тарифным ставкам оплаты труда специалистов соответствующих квалификационных разрядов. При этом считаем, что:

бригады ТР первого уровня ($v = 1$) комплектуются, как правило, эксплуатационным персоналом ЗРК, территориально размещаются в районах дислокации этих ЗРК, проводят несложный ТР с использованием штатных средств эксплуатации, эксплуатационной документации и запасных частей из состава комплектов ЗИП-1;

выездные бригады ТР второго уровня ($v = 2$) комплектуются высоко подготовленными специалистами ТР, территориально размещаются в районах дислокации нескольких ЗРК группировки ЗРВ, проводят несложный ТР и ТР средней сложности с использованием специализированных средств диагностирования и ТР, эксплуатационной и ремонтной документации и запасных частей из состава комплектов ЗИП-1 и ЗИП-2;

выездные бригады ТР третьего уровня ($v = 3$) (бригады КВР) территориально размещаются в пределах группировки ЗРВ, проводят работы по контролю предельного состояния, восстановительные работы, ТР любой сложности с использованием специализированных средств диагностирования и запасных частей из состава комплектов ЗИП-1, ЗИП-2 и ЗИП-ВР.

Предлагаемая процедура обоснования состава и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ включает 4 этапа:

1 этап – определение специальностей и уровней квалификации исполнителей ТР по различным ФС РЭС ЗРК;

2 этап – определение числа исполнителей ТР каждой ФС РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ;

3 этап – формирование вариантов составов и количества бригад ТР различных уровней;

4 этап – выбор состава и количества бригад ТР различных уровней в группировке ЗРВ.

На этапе 1 по результатам анализа ФС РЭС ЗРК, как объектов ТР, определяются требования к специальностям исполнителей операций ТР каждой ФС и к уровням их квалификации, при которых обеспечиваются допустимые продолжительности и качество выполнения операций ТР.

На этапе 2 рассчитываются трудозатраты на выполнение операций ТР разного уровня сложности по ФС РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ, определяются требуемые количества исполнителей ТР ФС РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ.

На этапе 3 проводится формирование возможных вариантов составов и количества бригад ТР различного уровня с распределением по бригадам ТР средств ТО и ТР.

На этапе 4 проводится выбор составов бригад ТР различного уровня и их количества в группировке ЗРВ из сформированных на 3-м этапе множества их возможных вариантов. Выбор составов бригад ТР различного уровня и их количества в группировке ЗРВ осуществляется путём решения следующей оптимизационной задачи: выбрать такие составы и количество бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ, при которых выполняются требования к коэффициенту готовности РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ и другим показателям качества ТР, а затраты на формирование и функционирование системы ТР будут минимальными.

На 1-м этапе обоснования определение специальностей и уровней квалификации исполнителей ТР по различным ФС РЭС ЗРК проводится в следующем порядке:

– на каждой f -й ФС в зависимости от характера выполняемых работ, используемых средств ТО и ТР (встроенных и/или внешних средств измерения, комплектов ЗИП и др.) операции ТО и ТР разбиваются по видам $I_f = \overline{1, L_f}$ и уровням сложности $s_f, s_f \leq 3$;

– выделенным видам и уровням сложности операций ТО и ТР согласно установленным правилам нормирования работ ставятся в соответствие виды и разряды выполняемых работ;

– для установленных видов и разрядов выполняемых работ при ТО и ТР на f -й ФС определяются специализации и требуемые уровни квалификации

исполнителей ТР по выполнению 1-го вида работ s -го уровня сложности. Уровни квалификации специалистов устанавливаются с учётом опыта выполнения аналогичных работ в виде диапазона квалификационных разрядов $p_{fls} \in \{p_{fls}, \bar{p}_{fls}\}$, где p_{fls} и \bar{p}_{fls} – соответственно минимальные и максимальные квалификационные разряды.

На 2-м этапе при определении числа исполнителей ТР соответствующего квалификационного разряда каждой ФС парка ЗРК группировки ЗРВ проводится:

– оценка математического ожидания числа отказов каждого типа с интенсивностями λ_{fs} , $f = \overline{1, F}$, $s = \overline{1, 3}$ за продолжительность эксплуатации в течение года и расчет потребных трудозатрат на выполнение работ ТР по их видам и разрядам согласно правилам нормирования работ;

– расчёт потребных суммарных годовых трудозатрат на выполнение работ ТР по видам и разрядам работ, выполняемым при ТО и ТР на однотипных ФС РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ;

– оценка общего количества исполнителей ТР требуемых специальностей и квалификаций однотипных ФС РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ n_{flp} , $f = \overline{1, F}$, $l = \overline{1, L_f}$, $p = \overline{p_{fls}, \bar{p}_{fls}}$ с учётом годового фонда рабочего времени для однотипных ФС РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ.

На 3-м этапе формируется множество возможных вариантов составов и количества бригад ТР различных уровней РЭС парка ЗРК группировки (например, бригад ТР только 2-го уровня, бригад ТР 1-го и 2-го уровней, бригад ТР 2-го и 3-го уровней, бригад ТР 1-го, 2-го и 3-го уровней и др.).

Для каждого m -го варианта составов и количества бригад ТР, $m = \overline{1, M}$, должны быть учтены:

– специализации и уровни квалификации исполнителей ТР на ФС, определённые на первом этапе;

– ограничения на количества исполнителей ТР однотипных ФС РЭС парка ЗРК группировки по специальностям и квалификациям, определённые на втором этапе;

– возможности использования в бригадах ТР специалистов, выполняющих операции ТР различных видов и сложностей на нескольких ФС.

При этом m -й вариант составов и количества бригад ТР характеризуется номерами уровней бригад ТР $v = \overline{1, 2, 3}$, количеством бригад v -х уровней r_v , $v = \overline{1, 2, 3}$ и матрицами количества исполнителей ТР $\|X_{vflp}^{(m)}\|$, элементы которых $x_{vflp}^{(m)}$ характеризуют число специалистов p -го квалификационного разряда по выполнению 1-го вида работ на f -й ФС в бригаде ТР v -го уровня.

На 4-м этапе выбор оптимальных составов и количества бригад различного уровня включает в себя подготовку исходных данных и выбор вариантов в соответствии с формулированным критерием.

Подготовка исходных данных для выбора оптимальных составов и количества бригад различного уровня проводится в следующем порядке:

– для каждого m -го варианта составов и количества бригад ТР рассчитываются средние продолжительности $T_{vflsp}^{(m)}$ выполнения ТР f -х ФС при отказах s -го типа специалистами p -го квалификационного разряда бригады ТР v -го уровня без учёта времени доставки бригады ТР к месту проведения ТР (согласно нормам времени на выполнение операций ТР);

– для каждого m -го варианта составов и количества бригад ТР рассчитываются средние продолжительности $T_{lp}^{(m)}$ выполнения операций ТР на РЭС ЗРК 1-го вида работ специалистами p -го квалификационного разряда бригады ТР уровня по отношению

$$T_p^{(m)} = \sum_{v=1}^3 \sum_{f=1}^F \sum_{s=1}^3 q_{fs} \cdot T_{vfls}^{(m)}, \quad (1)$$

где q_{fs} , $s = \overline{1, 3}$ – вероятности возникновения на f -й ФС отказов s -го типа, удовлетворяющих условию

$$\sum_{f=1}^F \sum_{s=1}^3 q_{fs} = 1;$$

– для каждого m -го варианта составов и количества бригад ТР в группировке ЗРВ определяется характеристика времени доставки бригад ТР v -го уровня $T_{dv}^{(m)}$ к местам ТР (математические ожидания и средние квадратические отклонения времён доставки);

– проводится моделирование процесса выполнения ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ с использованием разработанных моделей в [6], по результатам которого рассчитывается коэффициент готовности РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ;

– для бригад ТР различных уровней определяются годовые суммарные затраты c_{flp} на содержание одного специалиста ТР p -го квалификационного разряда по выполнению 1-го вида работ на f -й ФС:

– определяются годовые суммарные затраты c_{fv} бригады ТР v -го уровня на эксплуатацию средств ТР, используемых при ТР f -й ФС;

– определяется c_{nrc} удельная стоимость пребывания в НРС одного ЗРК группировки ЗРВ;

– для каждого m -го варианта составов и количества бригад ТР v -го уровня рассчитываются суммарные затраты на содержание специалистов и экс-

платуацию средств ТР этих бригад и затрат на содержание ЗРК в НРС по соотношению

$$C^{(m)}(x_{v\text{нр}}^{(m)}) = \sum_{v=1}^3 \sum_{f=1}^F \sum_{l=1}^{L_f} (c_{\text{нр}}^{(m)} \cdot x_{v\text{нр}}^{(m)} + c_{fv}) + \max_f \left[c_{\text{нрс}} \cdot (T_{v\text{нр}}^{(m)} + T_{\text{дв}}^{(m)}) \right]. \quad (2)$$

Выбор вариантов оптимальных составов и количества бригад каждого v -го уровня проводится путём определения такого варианта $x_{v\text{нр}}^{(m)}$ и количества бригад g_v , при которых обеспечивается минимум функции (2) при удовлетворении требований к коэффициенту готовности РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ, к показателям качества ТР, и к количеству исполнителей ТР по их специальностям и квалификациям.

Выводы

С переводом ЗРО на эксплуатацию по ЭТС актуальной является задача обоснования составов и количества бригад текущих ремонтов различных уровней РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ, при которых выполняются требования к коэффициенту готовности РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ, другим показателям качества ТР при минимуме затрат на формирование и функционирование системы ТР.

Разработанные положения «Методики обоснования составов и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ» включают в себя:

- 1) подготовку исходных данных;
- 2) основные этапы и порядок решения поставленной задачи;
- 3) обоснование составов и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ;
- 4) анализ полученных результатов и, при необходимости, их корректировка.

Разработанная «Методика обоснования составов и количества бригад ТР РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ» может быть использована при обосновании требований к системам ТО и Р разрабатываемых комплексов ЗРО, а так же при обосновании

направлений совершенствования систем ТО и Р эксплуатируемого парка ЗРК группировки ЗРВ.

Список литературы

1. Порядок експлуатації за технічним станом озброєння та військової техніки зенітних ракетних та радіотехнічних військ, за якими не здійснюється авторський нагляд. Затверджено наказом Міністра оборони України від 05. 02. 2010 р. № 53.
2. Ланецкий Б.Н. Модель для оценки эффективности функционирования системы технического обслуживания и ремонта группировки комплексов зенитных ракетных войск / Б.Н. Ланецкий, А.В. Нерушев // Сборник докладов XVI науч.-техн. конф. «Актуальные вопросы развития зенитного ракетного вооружения и его боевого применения». – Тверь: в/ч 03444, 1990.
3. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем: учеб. пособ. / Е.Ю. Барзилович. – М.: Высш. школа, 1982. – 231 с.
4. Надёжность и эффективность в технике: справочн. В 10 т. / ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. Т. 8: Эксплуатация и ремонт / под ред. В.И. Кузнецова и Е.Ю. Барзиловича. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
5. Ланецкий Б.Н. Разработка методики обоснования рациональных методов технического обслуживания и ремонта территориально распределенных РЭС / Б.Н. Ланецкий, А.В. Нерушев // Сборник докладов 1-й Межгосударственной науч.-техн. конф. «Надёжность, живучесть и безопасность технических систем». – С.-Пб: Ассоциация специалистов по надёжности и безопасности, 1992. – С. 192-197.
6. Разработка моделей процесса текущего ремонта радиоэлектронных средств парка зенитных ракетных комплексов группировки зенитных ракетных войск / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, В.С. Жуков, И.Н. Теребуха // Наука и техника Повітряних Сил Збройних Сил України: наук.-техн. ж. – Х.: ХУПС, 2013. – № 4 (13). – С. 53-58.
7. ГОСТ 18322–78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – М.: Изд. стандартов, 1979. – 14 с.

Поступила в редколлегию 25.07.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДІВ І КІЛЬКОСТІ БРИГАД ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ПАРКУ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ УГРУПУВАННЯ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

Б.М. Ланецкий, В.В. Лук'яничук, В.С. Жуков, І.М. Теребуха

Розглядаються основні положення методики обґрунтування складів і кількості бригад поточного ремонту радіоелектронних засобів парку зенітних ракетних комплексів угруповання зенітних ракетних військ, при яких забезпечуються необхідні показники якості поточного ремонту і мінімум питомих (сумарних) витрат на формування і функціонування системи поточного ремонту. Методика розроблена з урахуванням особливостей організації поточного ремонту радіоелектронних засобів зенітних ракетних комплексів при освоєнні і наступній експлуатації їх за технічним станом. Методика може бути використана при обґрунтуванні напрямів вдосконалення систем технічного обслуговування і ремонту експлуатованого парку зенітних ракетних комплексів угруповання зенітних ракетних військ і при обґрунтуванні вимог до систем технічного обслуговування і ремонту комплексів зенітного ракетного озброєння, що розробляються.

Ключові слова: радіоелектронні засоби, зенітний ракетний комплекс, угруповання зенітних ракетних військ, експлуатація за технічним станом, бригада поточного ремонту, моделі процесу поточного ремонту, витрати засобів на поточний ремонт.

METHOD FOR GROUNDING THE COMPOSITION AND VOLUME OF MAINTENANCE CREWS CONCERNED WITH RADIO ELECTRONIC MEANS OF THE SURFACE-TO-AIR MISSILE COMPLEX STOCK CONSTITUTING TACTICAL GROUPS OF THE SAM TROOPS

B.N. Laneckiy, V.V. Lukyanchuk, V.S. Zhukow, I.N. Terebuha

Basic issues of the method for grounding the qualitative and quantitative composition of current maintenance crews concerned with radio electronic equipment of the surface-to-air missile complex stock constituting tactical groups of the SAM troops that ensures the needed performance of the crews with regard to maintenance quality and provides minimum specific (total) costs of the maintenance system formation and functioning. The method accounts for peculiarities of maintaining the radio electronic means of SAM complexes while introducing and utilizing the maintenance system according to their technical state. The method can be used for determining the ways for improving the maintenance&repair systems for the SAM complexes within tactical groups, as well as for determining the requirements to the maintenance systems of SAM complexes under development.

Keywords: radio electronic means, surface-to-air missile complex, tactical group of SAM troops, maintenance according to technical state, maintenance crew, model of the current repair process, current repair costs.