

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 експлуатацію по технічному станю (ЕТС) [1, 2] змінюються види і об'єми робіт по підтриманню і відновленню РЭС ЗРК, виконуваних в системі ТО і Р (доповнительно вводяться роботи по контролю предельного станю, відновительні роботи (ВР), бригади контрольно-відновительних робіт (КВР) і др.), підвищуються вимоги до кваліфікації спеціалістів бригад ТО і ТР з'єдинень (частей) ЗРВ, к рівням оснащёності цих бригад спеціалізованими засобами діагностики, ТО і ТР.

Несоответствие между реалізованими організаційними методами ТР РЭС ЗРК і вимогами до якості і продовжителюності виконання ТР являється однією з причин доповнительних простоев ЗРК групування ЗРВ в неработоспособних станю (НРС), що, в свою чергу, потребує обосновання і впровадження більш досконалих організаційних методів ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ, в частности, централізованих, децентралізованих, спеціалізованими організаціями [7] і др.

Совершенствование організаційних методів ТР РЭС ЗРК групування ЗРВ должно быть направлено на більш глибоку спеціалізацію виконавців і бригад ТР з розподілом їх по складності виконуваних робіт при відновленні РС функціональних систем (ФС) РЭС ЗРК, на використання сучасних спеціалізованих засобів діагностування і других засобів ТР.

При впровадженні більш досконалих методів ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ должно забезпечуватися виконання вимог до показателям якості ТР при мінімізації суммарних або удельних стоимостних витрат на совершенствование (формування) системи ТР і забезпечення її функціонування в теченні заданої продовжителюності експлуатації ЗРК групування ЗРВ. В зв'язі з цим розробка методики обосновання складу і кількості бригад ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ являється актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вопросы обосновання складу і кількості бригад ТР РЭС ЗРК розглядалися в роботах [2 – 6], в частности, при обоснованні організаційних методів ТО і ТР РЭС ЗРК. Однак в цих роботах розглядался обмежений набір факторів, впливаючих на ефективність системи ТР РЭС парка ЗРК, в частности, не розглядалися можливості по використанню змішаних методів ТР з використанням виконавців ТР різних рівнів кваліфікації і різних варіантів територіального розміщення ЗРК в групуваннях ЗРВ. В цих роботах не учитывались особливості рішення задач підтримання і відновлення РС РЭС парка ЗРК групування ЗРВ при ЕТС, вимоги до виконавцям КВР, їх

кваліфікації, к бригадам ТР різних рівнів, що, в свою чергу, не дозволяє розробляти рекомендації по обоснованню складу і кількості бригад ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ з урахуванням особливостей їх переводу на ЕТС і наступної ЕТС. Так, в [2, 4] розглядалися особливості організації ТР РЭС ЗРК при використанні бригад ТР одного рівня (или експлуатаційним персоналом ЗРК или выездними бригадами ТР з'єдинення (частей) ЗРВ), упрощено оцінювались показателі ефективності системи ТР і др.

Из проведенного аналізу останніх досліджень і публікацій следует, що до настоящего времени задача обосновання вимог до кваліфікації виконавців ТР, складу і кількості бригад ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ при впровадженні методів ЕТС і наступної ЕТС остається нерешеною.

Цель статьи. Розробка методики обосновання складу і кількості бригад ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ, при которых забезпечується виконання вимог до показателям якості ТР, а суммарні або удельні витрати на формування і функціонування системи ТР будут мінімальними.

Основной материал

При обоснованні складу і кількості бригад ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ используется выше сформулированный критерий.

При этом используются результаты исследований по оцінюванню впливу різних варіантів складу бригад ТР і їх кількості на показателі якості ТР РЭС ЗРК і показателі ефективності функціонування системи ТР [6]. Каждый вариант складу і кількості бригад ТР предусматривает использование различного числа спеціалістів відповідуючих кваліфікацій і різних засобів ТР (комплектів ЗИП, засобів діагностування і других засобів ТР).

В [6] ефективність ТР РЭС парка ЗРК групування ЗРВ предлагается оцінювати по показателям: коэффициент готовности парка ЗРК групування ЗРВ; продовжителюності перебування в НРС кількості ЗРК не більш заданного; вероятности перебування в произвольный момент времени в НРС числа ЗРК, не превышающего заданного і др.

В свою чергу, продовжителюності перебування РЭС каждого ЗРК групування ЗРВ или определённого их числа в НРС определяются продолжительностями виконання операцій ТР спеціалістами бригад ТР, наявністю в групуванні ЗРВ свободних бригад ТР, временем их доставки к местам проведення ТР і др. факторами. Продовжителюності ТР різної складності РЭС ЗРК групування ЗРВ і трудозатрати на їх виконання зависят от составов бригад ТР (спеціальностей, кваліфікації і кількості

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_{fp} , $f = \overline{1, F}$, $l = \overline{1, L_f}$, $p = \overline{p_{fls}, \bar{p}_{fls}}$ 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 $\|X_{vfp}^{(m)}\|$, элементы которых $x_{vfp}^{(m)}$ 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 $T_{vfsp}^{(m)}$ 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 $T_{fp}^{(m)}$ выполнения операций ТР на РЭС ЗРК 1-го вида работ специалистами p -го квалификационного разряда бригады ТР уровня по отношению

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

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_{fp} 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.