

А.И. Буравлев, доктор технических наук,  
профессор

## Методика оценки военно-технического уровня парка ВВТ в ходе реализации программных мероприятий по их закупке и ремонту

*В статье рассмотрена методика оценки военно-технического уровня парка ВВТ в ходе реализации ГПВ. Основу методики составляет модель изменения технического состояния смешанного парка ВВТ, включающего как «новые», так и «старые» изделия, и позволяющая рассчитывать показатели исправности и современности парка ВВТ в динамике программных мероприятий, а также оценивать стоимость затрат на его эксплуатацию в пределах установленного срока службы. Предлагаемая методика позволяет получать прогнозные оценки уровня исправности парка ВВТ, степени его обновления современными образцами, а также потребных затрат на техническое обеспечение парка ВВТ по годам программного периода. Эти оценки позволяют более обоснованно принимать решения об объемах финансирования ГОЗ, формировать плановые задания для предприятий ОПК, осуществлять контроль за реализацией мероприятий ГПВ в части закупки и ремонта ВВТ.*

### Введение

Реализация программных мероприятий по закупкам и ремонту вооружения и военной техники (ВВТ) направлена на повышение уровня оснащенности войск современными образцами ВВТ и поддержание требуемого уровня исправности ВВТ за счет их ремонта. Для оценки эффективности проводимых программных мероприятий необходим инструмент, позволяющий оценивать параметры состояния парка ВВТ в динамике проведения программных мероприятий в течение всего периода реализации государственной программы вооружения (ГПВ).

Ниже предлагается такая методика, использующая модель динамики изменения численности и уровня исправности ВВТ в парке при выбытии «старых» и поставке «новых» образцов ВВТ в течение программного периода.

### Постановка задачи

Рассматривается однотипный парк ВВТ, в котором в начальный момент времени  $t=0$  находится  $N_1$  единиц ВВТ. Качественное состояние парка ВВТ характеризуется уровнем долговечности и безотказности изделий в парке. Долговечность изделий определяется величиной технического  $\tau_{TP}$  и межремонтного  $\tau_{MP}$  ресурса и календарным сроком службы  $t_{CC}$ , а безотказность – интенсивностью  $\lambda$  отказов техники. Между этими показателями имеется определенная зависимость, которая характеризует модель надежности изделия. Формирование парка ВВТ осуществляется в течение предыдущих программных периодов, поэтому на рассматриваемый момент времени каждое изделие характеризуется определенной величиной остатка срока службы, технического и межремонтного ресурса. Образцы ВВТ, выработавшие ресурс, подлежат снятию с эксплуатации и последующей утилизации. Изделия, имеющие запас технического ресурса, но выработавшие межремонтный ресурс подлежат восстановительному (капитальному и среднему) ремонту. В случае отказа изделие подлежит текущему ремонту. В течение рассматриваемого программного периода парк ежегодно пополняется «новыми» образцами ВВТ в количестве  $N_2(t)$  с более высоким военно-техническим уровнем.

Военно-технический уровень «новых» образцов характеризуется коэффициентом  $K_{ВТУ}$ , отражающим более высокие тактико-технические данные «нового» образца по сравнению со «старым» образцом.

Для «старых» образцов ВВТ  $K_{ВТУ}=1$ , для «новых» образцов  $K_{ВТУ}>1$ .

Более высокий военно-технический уровень приводит к повышению эффективности боевого применения образцов ВВТ. Поэтому поставка «новых» образцов в течение программного периода  $T$  должна обеспечить достижение требуемой численности  $N_{ТР}$  образцов в парке, а также более высокий уровень исправности и современности ВВТ в парке.

Реализация программных мероприятий по закупке, содержанию и ремонту ВВТ требует определенных затрат финансовых и материальных ресурсов. Методика оценки указанных затрат рассматривается ниже.

### 1. Модель надежности образца ВВТ в процессе эксплуатации

Надежность изделий ВВТ является одной из ключевых составляющих качества военной продукции (ГОСТ РВ 15.002-2003. Военная техника. Системы менеджмента качества) и характеризуется свойствами долговечности, сохраняемости, безотказности и ремонтпригодности [3].

Каждое из этих свойств количественно оценивается одним или несколькими показателями. Надежность изделий закладывается на этапе их разработки и производства и поддерживается на этапе эксплуатации путем проведения определенных мероприятий, обеспечивающих хранение и транспортировку образцов ВВТ, поддержание их в заданной степени технической готовности, подготовку образцов к применению, их техническое обслуживание и ремонт (приказ Министра обороны РФ от 6 апреля 2010 г. №320 «О Концепции адаптации системы обслуживания и ремонта вооружений и военной техники к новому облику Вооруженных Сил Российской Федерации»). Объем и периодичность проведения указанных работ определяется условиями боевой подготовки подразделений и частей, на оснащении которых находятся образцы ВВТ, и принятой системой их технического обслуживания и ремонта (ТОиР) [5].

В теории и практике эксплуатации технических изделий, в том числе изделий ВВТ, известны два вида стратегий управления техническим состоянием изделий: управление по ресурсу и по текущему состоянию (с контролем уровня надежности и с контролем параметров) [6, 7, 8]. Каждая из этих стратегий обладает определенными преимуществами и недостатками, и требует для своей реализации соответствующих технических средств, информационного обеспечения и организации системы ТОиР. В силу конструктивно-технологических особенностей различных образцов ВВТ в практике их эксплуатации могут применяться все три вида стратегий в том или ином их сочетании в рамках единой системы интегрированной логистической поддержки жизненного цикла ВВТ [9, 10, 11, 12, 13].

Рассмотрим систему ТОиР, использующую стратегию управления техническим состоянием ВВТ по ресурсу. Эту стратегию можно назвать классической, поскольку она лежит в основе систем эксплуатации всех видов ВВТ в прошлом и широко применяется в настоящее время.

Стратегия управления по ресурсу предполагает установление для изделия технического ресурса по наработке  $\tau_{ТР}$  и календарного срока службы  $t_{СС}$ , в рамках которых может быть обеспечена безопасная и безотказная с заданной вероятностью эксплуатация образца ВВТ при выполнении установленного для него объема работ по ТОиР.

Множество возможных состояний изделия разделяется на два вида: работоспособное и неработоспособное. Признаками состояния являются текущая наработка изделия либо факт нахождения его технических параметров в установленных допусках. Если запас ресурса по наработке исчерпан или хотя бы один из определяющих параметров вышел за границы допуска, то

изделие признается неработоспособным и подлежит текущему ремонту или замене его работоспособным (исправным) изделием.

Для обеспечения минимальной и постоянной интенсивности отказов изделий осуществляется равномерная выработка технического ресурса и проведение определенного количества  $m(t_{cc})$  восстановительных ремонтов в пределах срока службы. Проведение указанных видов ремонта носит предупредительный характер, так как исключает накопление различных дефектов вследствие старения и износа изделия.

При равномерной выработке технического ресурса между наработкой изделия  $\tau$  и календарным временем эксплуатации  $t$  имеет место линейная зависимость:

$$\tau = \frac{\tau_{TP}}{t_{CC}} t. \quad (1)$$

При этом отношение  $\gamma = \frac{\tau_{TP}}{t_{CC}}$  характеризует долю наработки изделия в течение единицы календарного времени.

В процессе эксплуатации изделие периодически находится в двух режимах: в режиме хранения (ожидания применения) и в режиме применения (функционирования). При разработке и производстве образца ВВТ для каждого режима закладываются соответствующие характеристики безотказности и сохраняемости: интенсивность отказов при хранении  $\lambda_{XP}$  и применении  $\lambda_p$ . Режим применения изделия по условиям эксплуатации является значительно более тяжелым. Поэтому интенсивность отказов в этом режиме существенно выше, чем в режиме хранения  $\lambda_p > \lambda_{XP}$ . В тактико-технических требованиях к образцу ВВТ обычно задается определенный коэффициент соотношения между интенсивностями отказов при хранении и применении изделия:

$$\lambda_p = k_3 \lambda_{XP},$$

где  $k_3 > 1$  – коэффициент эксплуатационной нагрузки.

Применение образца ВВТ осуществляется в течение нескольких циклов с наработкой  $\tau_{PP}$  в одном цикле. Перед каждым применением проводится контрольно-технический осмотр с использованием инструментальных средств для проверки исправности изделия. В течение всего цикла применения согласно тактико-техническим требованиям должен обеспечиваться заданный уровень безотказности изделия:

$$P(\tau_{PP}) = \exp(-\lambda_p \tau_{PP}) = p_{PP}^{зад}.$$

Отсюда получаем расчетную формулу для определения максимальной наработки изделия в одном цикле применения:

$$\tau_{PP} = \frac{-p_{PP}^{зад}}{\lambda_p}. \quad (2)$$

Циклы применения разделены интервалами времени ожидания  $t_{OЖ}$ , в течение которого проводятся работы по предварительной подготовке, контролю и текущему ремонту изделия. Время цикла применения и ожидания в совокупности составляют продолжительность эксплуатационного цикла изделия

$$t_{Ц} = \tau_{PP} + t_{OЖ}. \quad (3)$$

При заданном сроке службы  $t_{CC}$  среднее число возможных циклов применения изделия составит:

$$n = \frac{t_{CC}}{t_{Ц}}, \quad (4)$$

а необходимый межремонтный ресурс изделия по наработке и в календарном времени исчисления составят:

$$\tau_{MP} = \frac{\tau_{TP}}{m}; t_{MP} = \frac{\tau_{MP}}{\tau_{TP}} t_{CC}, \quad (5)$$

где  $m$  – количество восстановительных ремонтов.

В тактико-технических требованиях на образец ВВТ также задается уровень его безотказности в течение эксплуатационного цикла:

$$P(t_{Ц}) = P(\tau_{ПР}) P(t_{ОЖ}) = \exp(-\lambda_P \tau_{ПР}) \exp(-\lambda_{XP} t_{ОЖ}) = \exp(-\lambda t_{Ц}), \quad (6)$$

где  $\lambda = \frac{\lambda_P \tau_{ПР} + \lambda_{XP} t_{ОЖ}}{t_{Ц}}$  – средняя интенсивность отказов изделия за время эксплуатационного цикла.

При заданной вероятности безотказной работы за период цикла  $p_{Ц}^{зад}$  из (6) определяется требуемое значение средней интенсивности отказов:

$$\lambda = -\frac{\ln p_{Ц}^{зад}}{t_{Ц}}. \quad (7)$$

Эта величина используется для корректировки интенсивностей  $\lambda_P, \lambda_{XP}$  при отработке регламента ТОиР.

Надежность изделий в парке зависит не только от безотказности изделий, но и от их ремонтпригодности, которая определяется интенсивностью восстановления изделия в системе ТОиР.

Динамика уровня исправности изделий в парке с учетом их восстановления описывается следующим дифференциальным уравнением [3]:

$$\frac{dp}{dt} = \begin{cases} -\lambda p + \mu(1-p), & t \leq t_{CC} \\ 0, & t > t_{CC} \end{cases}; p(0) = 1, \quad (8)$$

где  $\mu = \frac{1}{\bar{t}_{ТР}}$  – интенсивность текущего ремонта изделия;

$\bar{t}_{ТР}$  – средняя продолжительность текущего ремонта изделия.

Интеграл этого уравнения называют коэффициентом технической готовности [3]:

$$K_r(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp(-(\lambda + \mu)t), \quad (9)$$

который характеризует вероятность исправного состояния изделия с учетом его восстановления.

Следует заметить, что при периодическом восстановлении межремонтного ресурса и равномерной его выработке обеспечивается постоянное значение средней интенсивности отказов в пределах всего срока службы. Это следует из соотношений (2)...(7):

$$\lambda = \frac{\lambda_P \tau_{ПР} + \lambda_{XP} t_{ОЖ}}{t_{Ц}} \cdot \frac{n}{n} = \frac{\lambda_P \tau_{MP} + \lambda_{XP} (t_{MP} - \tau_{MP})}{t_{MP}} \cdot \frac{m}{m} = \frac{\lambda_P t_{MP} + \lambda_{XP} (t_{CC} - \tau_{TP})}{t_{CC}}.$$

Определение срока службы (технического ресурса) изделия осуществляется на основе оценки суммарных эксплуатационных затрат.

В качестве основных составляющих затрат обычно рассматривают [6, 7, 8]:

- стоимость затрат на содержание изделия, контрольно-технические осмотры и проверки, подготовку к применению  $C_{ПП}$ ;
- стоимость текущего ремонта изделия при его отказе  $C_{ТР}$ ;
- стоимость одного восстановительного ремонта изделия  $C_{ВР}$ .

Стоимость суммарных эксплуатационных затрат при управлении по ресурсу составляет:

$$C_3(t_{CC}) = \left[ (C_{ПП} + (1 - K_r) C_{ТР}) \frac{t_{CC}}{t_{Ц}} + C_{БР} \frac{t_{CC}}{t_{МП}} \right]. \quad (10)$$

Очевидно, что суммарные эксплуатационные затраты за время срока службы не должны превышать стоимость закупки нового изделия  $C_3$ . В противном случае «старый» образец с технико-экономической точки зрения целесообразнее заменить на «новый».

Тогда из неравенства  $C_3(t) \leq C_3$  получаем требуемый срок службы:

$$t_{CC} = \frac{C_3}{\frac{C_{ПП} + (1 - p_{Ц}^{зод}) C_{ТР}}{t_{Ц}} + \frac{C_{БР}}{t_{МП}}}. \quad (11)$$

После выработки технического ресурса или истечения срока службы изделие снимается с эксплуатации и подлежит утилизации, либо испытаниям на оценку возможности продления технического ресурса, если это необходимо и целесообразно.

Стратегии управления по техническому состоянию не предполагают установления технического ресурса и срока службы изделия.

При стратегии управления по состоянию с контролем уровня надежности изделие эксплуатируется до отказа. При отказе изделия производится его аварийное восстановление. По данным об отказах производится оценка уровня безотказности парка однотипных изделий путем расчета средней интенсивности отказов  $\lambda$  и вероятности безотказной работы за цикл применения  $P(\tau_{пр})$  и эксплуатационный цикл  $P(t_{Ц})$ . Если эти показатели ниже нормативных, то производятся профилактические работы (регулировки, профилактические замены, ремонт).

Прекращение эксплуатации изделия осуществляется при превышении суммарных эксплуатационных затрат стоимости «нового» изделия:

$$C_3(t) \geq C_3. \quad (12)$$

Стратегия управления по техническому состоянию с контролем параметров предполагает помимо основного допуска на параметры задание упреждающего допуска, с помощью которого выделяется предотказовое состояние изделия [6, 7, 8]. При появлении этого состояния необходимо проведение индивидуальных работ по ТОиР изделия (регулировки, профилактические замены, ремонт). Для реализации данной стратегии необходим периодический и достаточно полный инструментальный контроль изделий с прогнозом периода контроля.

Прекращение эксплуатации изделия осуществляется также по критерию (12).

Исследования показывают, что системы ТОиР по состоянию являются более гибкими и в ряде случаев менее затратными, чем по ресурсу. Однако для их реализации необходимо, чтобы изделие имело высокий уровень контролепригодности, развитые инструментальные средства внешнего и встроенного контроля.

В настоящее время в практике эксплуатации образцов ВВТ используются системы ТОиР с элементами управления как по ресурсу, так и по состоянию.

## 2. Модель динамики численности восстанавливаемого парка ВВТ

Изменение численности парка ВВТ происходит за счет выбытия «старых» образцов ВВТ вследствие выработки технического ресурса, поступления «новых» образцов с предприятий промышленности, а также вследствие отказов изделий и необходимости их ремонта в войсках и на предприятиях промышленности. Для отличия количественных характеристик «старых» и «новых» образцов ВВТ будем помечать их индексами 1 и 2 соответственно.

Пусть на момент  $t=0$  в составе парка находилось  $N_1$  «старых» со средним остатком срока службы  $\bar{\Delta t}_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \Delta t_{cci}}{N_1}$ . При равномерной выработке ресурса интенсивность выбытия  $v_1$  изделия из парка также будет постоянной и обратно пропорциональной остатку срока службы  $\bar{\Delta t}_{cc}$ :

$$v_1 = \frac{N_1}{\Delta t_{cc}}.$$

За время  $0 < t < \bar{\Delta t}_{cc}$  число изделий, оставшихся в парке, составит:

$$N_1(t) = N_1 \left( 1 - \frac{t}{\bar{\Delta t}_{cc}} \right).$$

Для этих изделий число циклов восстановления межремонтного ресурса составит  $m = \frac{t}{t_{MP} + t_{BP}}$ , где  $t_{BP}$  – средняя продолжительность восстановительного ремонта на предприятиях промышленности, а их доля в парке составит  $\rho = \frac{m t_{MP}}{t} = \frac{t_{MP}}{t_{MP} + t_{BP}}$ .

В этом случае число восстановленных и пригодных для дальнейшей эксплуатации изделий в парке будет равно:

$$N_1(t) = N_1 \rho \left( 1 - \frac{t}{\bar{\Delta t}_{cc}} \right). \tag{13}$$

Комплексным показателем надежности изделий в парке, как было отмечено выше, является коэффициент технической готовности (9).

Умножив вероятность исправного состояния «старых» изделий  $K_{r1}(t)$  на их текущую численность  $N_1(t)$ , получаем среднюю численность исправных образцов ВВТ в парке:

$$M_1(t) = N_1(t) K_{r1}(t). \tag{14}$$

Поступление «новых» образцов ВВТ в войсковые части осуществляется с определенной интенсивностью, которая зависит от производственных возможностей оборонных предприятий, уровня финансирования государственного оборонного заказа (ГОЗ) и других военно-экономических факторов. Поставка изделий в войска осуществляется по планам поставок в течение года партиями объемом  $\Delta N_{2i}$  с дискретными промежутками времени  $\Delta t_i$ . В этом случае средняя величина годовой поставки «новых» изделий составит:

$$\bar{\Delta N}_2 = \frac{\sum_i \Delta N_{2i} \Delta t_i}{\sum_i \Delta t_i}. \tag{15}$$

Процесс производства и поставок «новых» образцов ВВТ является в общем случае нестационарным. На практике темп поставки изделий, как правило, представляют следующей кусочно-линейной функцией вида [11] (рисунок 1):

$$v_2(t) = \begin{cases} \frac{v_{max} t}{t_{\pi}}, & 0 \leq t < t_{\pi} \\ v_{max}, & t \geq t_{\pi} \end{cases}. \tag{16}$$

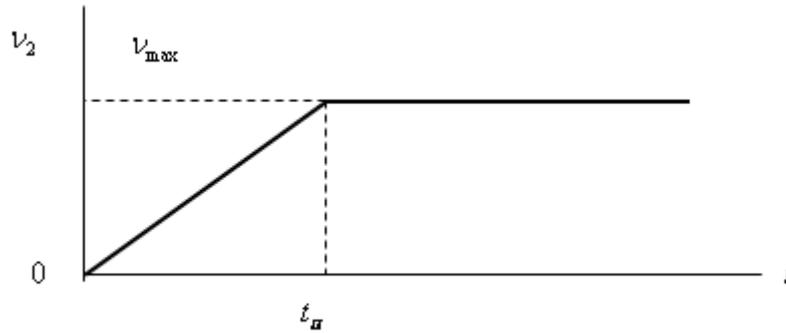


Рисунок 1 – Динамика интенсивности поставок «новых» образцов ВВТ в войска

Изменение численности «новых» образцов ВВТ в парке в этом случае описывается выражением:

$$N_2(t) = N_2(t-1) + v_2(t) . \tag{17}$$

Новые «образцы» ВВТ также подвержены отказам и текущему ремонту для восстановления исправности, а динамика уровня их исправности описывается уравнением (9) с соответствующими характеристиками.

Общая численность образцов ВВТ в парке равна сумме:

$$N(t) = N_1(t) + N_2(t) , \tag{18}$$

а средняя численность исправных образцов составляет:

$$M(t) = K_{r1}(t)N_1(t) + K_{r2}(t)N_2(t) . \tag{19}$$

Поставка «новых» изделий прекращается, как только численность парка достигает заданной величины

$$N(t) = N^{зад} . \tag{20}$$

Система уравнений (8)...(20) полностью описывает динамику численности и технического состояния парка ВВТ.

С помощью указанной системы уравнений для каждого момента времени можно произвести оценку военно-технического уровня парка ВВТ.

Для оценки технического уровня парка ВВТ используются следующие показатели [5]:

- коэффициент обновления парка современными образцами ВВТ  $K_c$ ;
- коэффициент исправности ВВТ в течение годового периода  $K_{и}$ ;
- стоимость эксплуатации одного изделия в парке за программный период  $C_3(T)$ .

Коэффициент обновления парка современными образцами ВВТ определяется долей современных образцов ВВТ в парке:

$$K_c(t) = \frac{N_2(t)}{N_1(t)} . \tag{21}$$

Коэффициент исправности определяется долей исправных изделий в общей численности ВВТ:

$$K_{и}(t) = \frac{M(t)}{N(t)} . \tag{22}$$

### 3. Методика оценки военно-технического уровня образцов ВВТ

Показатель военно-технического уровня рассчитывается по мультипликативной свертке индикаторов, отражающих соотношение тактико-технических характеристик «новых» и «старых» образцов ВВТ с учетом их важности [1]:

$$K_{ВТУ} = \prod_{i=1}^n \left( \frac{x_{Hi}}{x_{Ci}} \right)^{\beta_i},$$

где  $\frac{x_{Hi}}{x_{Ci}}$  – соотношение для  $i$ -й числовой характеристики у «новых» и «старых» образцов ВВТ;

$\beta_i > 0$ ,  $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$  – коэффициенты важности ТТХ, определяемые экспертными методами.

Для «старых» образцов  $K_{ВТУ} = 1$ , для «новых» образцов  $K_{ВТУ} > 1$ .

Военно-технический уровень смешанного парка ВВТ определяется соотношением:

$$\bar{K}_{ВТУ} = \frac{1 \cdot \bar{N}_1 + K_{ВТУ} \bar{N}_2}{N} = 1 + K_C (K_{ВТУ} - 1). \quad (23)$$

#### 4. Методика оценки затрат по техническому обеспечению парка ВВТ

Реализация программных мероприятий по закупке, содержанию и ремонту ВВТ требует определенных затрат финансовых и материальных ресурсов.

Эти затраты включают в себя:

- стоимость закупки «старых» и «новых» образцов ВВТ с учетом их морального и физического износа, а также ценовой инфляции  $C_3$ ;
- стоимость эксплуатации ВВТ в войсках, включая затраты на их содержание, проведение контрольно-технических смотров и проверок, подготовку к применению  $C_{ПП}$ ;
- стоимость текущего  $C_{ТР}$  и восстановительного  $C_{БР}$  ремонта образцов ВВТ.
- Исходя из теории и практики технико-экономического анализа ВВТ, примем следующие допущения относительно методики расчетов технико-экономических параметров ВВТ:
- годовая стоимость эксплуатации и ремонта образца ВВТ пропорциональна первоначальной стоимости закупки и подвержена инфляционным изменениям  $C_3 = k_3 C_3$ ;  $C_P = k_P C_3$ ;
- инфляционные изменения цен учитываются дефлятором:

$$d(t) = (1 + E)^t,$$

где  $E$  – нормативный уровень годовой инфляции.

С учетом этих допущений стоимость технического обеспечения одного изделия в смешанном парке ВВТ в ходе реализации программных мероприятий определяется выражением:

$$\frac{C_{ТО}(t, N)}{N} = d(t) \left\{ \left( [C_{ПП1} + (1 - K_{Г1}) C_{ТР1}] \frac{(\bar{\Delta t}_{CC1} - t)}{t_{Ц1}} + C_{БР1} \frac{(\bar{\Delta t}_{CC1} - t)}{t_{МП1}} \right) \frac{N_1(t)}{N} + \right. \\ \left. + \left( [C_{ПП2} + (1 - K_{Г2}) C_{ТР2}] \frac{t}{t_{Ц2}} + C_{БР2} \frac{t}{t_{МП2}} \right) \frac{N_2(t)}{N} \right\}, \quad t = (\bar{1}, \bar{T}). \quad (24)$$

Здесь  $\bar{\Delta t}_{CC1}$  – средний остаток срока службы «старых» образцов ВВТ на начало программного периода.

Рассмотрим пример использования изложенной выше методики.

**Пример.** Исходные данные по смешанному парку ВВТ представлены в таблице 1. Требуется оценить основные показатели, характеризующие военно-технический уровень парка и затраты на его эксплуатацию в течение программного периода  $T = 10$  лет.

На рисунках 1-5 показаны графики зависимости численности парка ВВТ, коэффициентов современности и исправности ВВТ в течение программного периода, а также стоимость затрат на техническое обеспечение одного изделия, исчисленная в ценах закупки старых образцов.

Таблица 1 – Исходные данные по смешанному парку ВВТ

№ п/п	Наименование характеристик образца ВВТ	Значения характеристик	
		«старые» образцы ВВТ	«новые» образцы ВВТ
1	Численность образцов в парке $N$	60	
2	Технический ресурс изделия $\Theta_{ТР}$ , час	600	900
3	Срок (остаток) службы изделия $t_{ОС}$ , лет	7	20
4	Межремонтный ресурс изделия $\Theta_{МР}$ , час	200	300
5	Интенсивность отказов изделия при применении $\lambda_{ТР}$ , час <sup>-1</sup>	0,035	0,02
6	Интенсивность отказов изделия $\lambda_{ХР}$ , час <sup>-1</sup>	0.015	0,01
7	Средняя продолжительность текущего ремонта $t_{ТР}$ , час	8	4
8	Средняя продолжительность восстановительного ремонта $t_{МР}$ , мес.	5	3
9	Коэффициент ВТУ изделия	1,0	1,2
10	Соотношение стоимостей закупки изделий	1	1,5
11	Относительная стоимость подготовки изделия к применению $C_{ПП}/C_3$	0,03	0,02
12	Относительная стоимость текущего ремонта изделия $C_{ТР}/C_3$	0,05	0,03
13	Относительная стоимость восстановительного ремонта изделия $C_{ВР}/C_3$	0,5	0,5
14	Норма годовой инфляции $E$	0,06	0,06
15	Параметры интенсивности поставки изделий в войска: $t_{П}$ , лет		4
	$V_{\max}$ , ед. в год		12

Как видно из рисунка 2, после истечения срока службы «старые» образцы ВВТ изымаются из эксплуатации и заменяются «новыми» образцами. К концу программного периода  $T=10$  лет при заданной интенсивности поставок численность парка составит только 80% от требуемой численности. Расчеты показывают, что для выхода на требуемую численность  $N_{ТР}=100$  ед. с такими же темпами поставок, потребуется еще четыре года с учетом выбытия изделий из парка по выработке установленного ресурса (срока службы).

С увеличением в парке численности «новых» изделий естественным образом повышается уровень современности парка ВВТ (рисунок 3) и его военно-технический уровень (рисунок 4). За счет достаточно высокого уровня безотказности изделий, а также проведения текущего и восстановительного ремонтов исправность парка в течение всего программного периода поддерживается на уровне  $K_{И}=0,93...0,96$ .

Динамика удельных затрат на эксплуатацию изделия (рисунок 5) вначале имеет тенденцию к убыванию в связи с малой численностью парка, а затем к возрастанию за счет поступления «новых» и более дорогих изделий. Кроме того, происходит ежегодный рост инфляционных затрат с темпом 1,06.

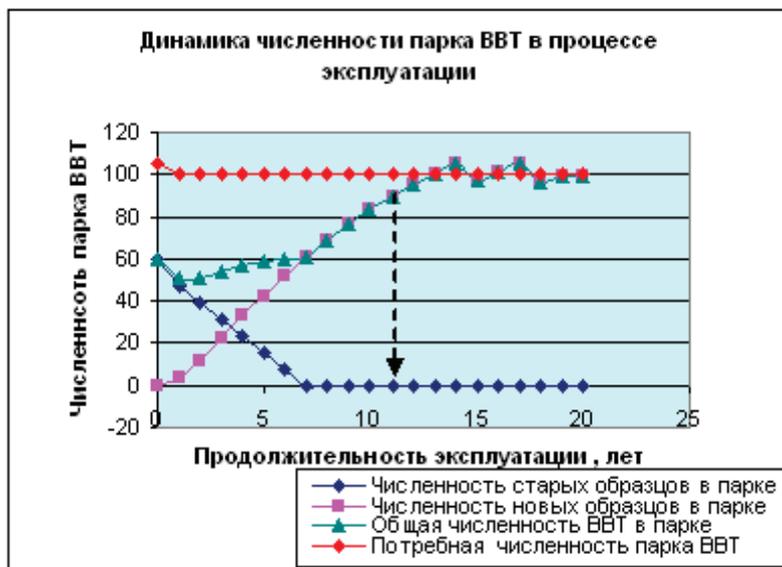


Рисунок 2 – Динамика численности парка ВВТ в течение программного периода

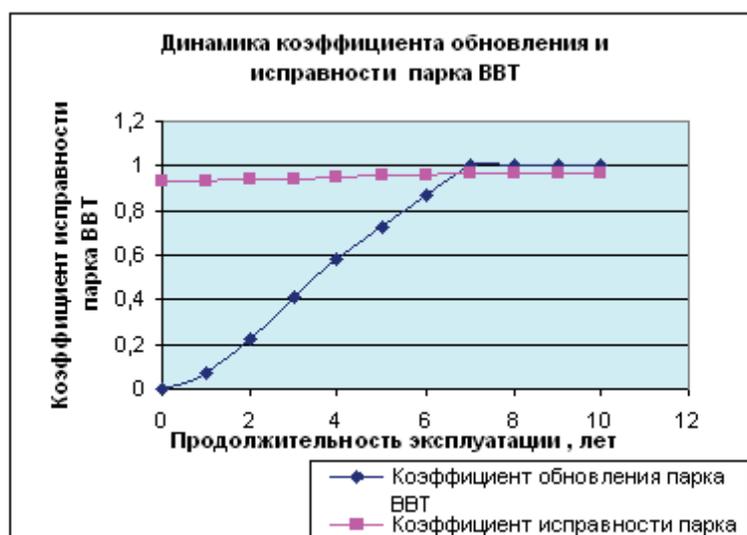


Рисунок 3 – Динамика исправности и современности парка ВВТ в течение программного периода

Для достижения заданной численности ВВТ в парке необходимо увеличивать интенсивность их поставки. Так, сокращение периода наращивания максимального объема поставки  $t_n$  с четырех до трех лет увеличивает численность изделий к концу программного периода с  $N=80$  до  $N_{TP}=100$ .

Из рисунка 2 также видно, что со второй половины срока службы в общей численности парка ВВТ наблюдаются колебания, которые связаны с выбытием изделий из парка и необходимостью дополнительных поставок для его восполнения.

Для управления процессом поставок с целью достижения требуемой численности парка ВВТ используем алгоритм оптимизации объема поставки, минимизирующий затраты на закупку ВВТ [4]:

$$N_2(t) = \min \{ v_2(t); N_{TP} - N(t-1) \}. \tag{25}$$

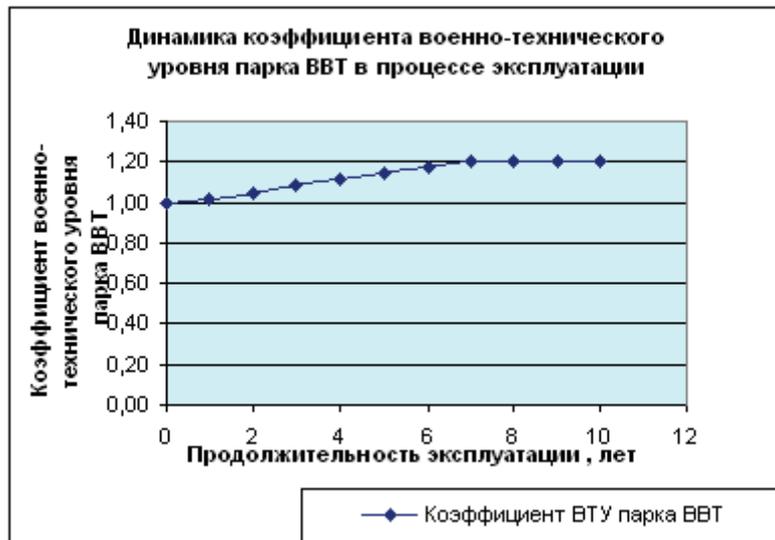


Рисунок 4 – Динамика военно-технического уровня парка ВВТ в течение программного периода

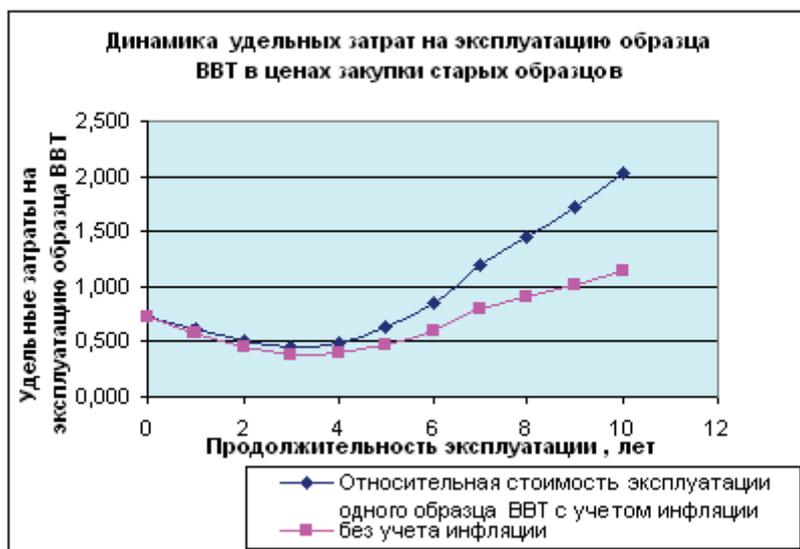


Рисунок 5 – Динамика удельных затрат на эксплуатацию парка ВВТ в течение программного периода

На рисунке 6 показаны диаграммы объемов поставки ВВТ, рассчитанные в примере по алгоритму (25).

Из рисунка 6 видно, что алгоритм (24) обеспечивает более гибкое управление численностью парка с меньшими затратами на закупку и техническое обеспечение ВВТ. При этом незагруженные мощности предприятия могут быть использованы для развертывания производства новых изделий.

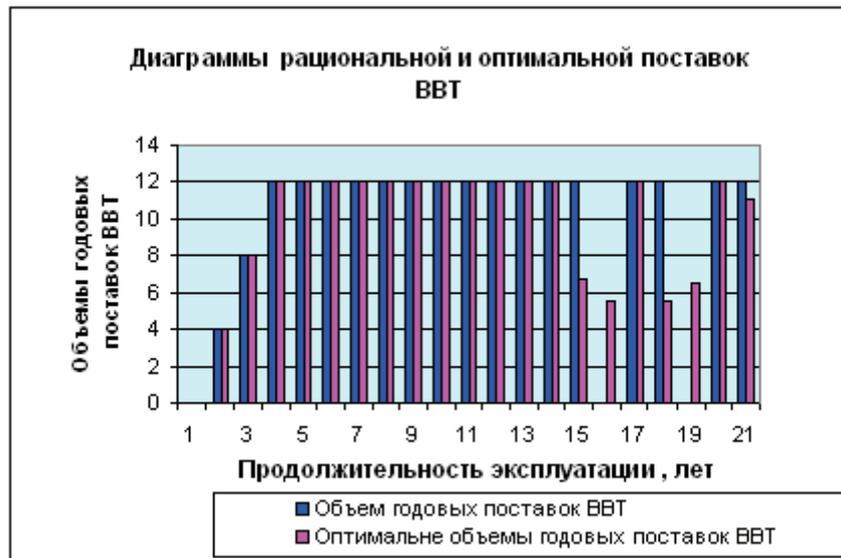


Рисунок 6 – Диаграммы объемов поставок для обеспечения заданной численности ВВТ в парке

### Заключение

Предлагаемая методика позволяет получать прогнозные оценки уровня исправности парка ВВТ, степени его обновления современными образцами, а также потребных затрат на техническое обеспечение парка ВВТ по годам программного периода. Эти оценки позволяют более обоснованно принимать решения об объемах финансирования ГОЗ, формировать плановые задания для предприятий ОПК, осуществлять контроль за реализацией мероприятий ГПВ в части закупки и ремонта ВВТ.

### Список использованных источников

1. Буравлев А.И., Брезгин В.С. Оценка качества объектов по неметризуемому вектору характеристик // Вооружение и экономика. – 2009. – № 1 (5).
2. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. – М.: Высшая школа, 1976.
3. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985.
4. Буравлев А.И., Иванцов Д.В. Оптимизация объемов закупок вооружения и военной техники с учетом стоимости и рентабельности их производства // Вооружение и экономика. – 2012. – № 2 (18).
5. Военная логистика: история, современное состояние и перспективы развития / Под ред. д.э.н., доцента А.Х. Курбанова – СПб.: Военная академия МТО им. генерала армии А.В. Хрулева, 2014.
6. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982.
7. Смирнов Н.М., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – М.: Транспорт, 1987.
8. Буравлев А.И., Доценко Б.И., Казаков И.Е. Управление техническим состоянием динамических систем / Под общ. ред. И.Е. Казакова. – М.: Машиностроение, 1995.

9. Р5-2008 Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2008.
10. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. – М.: МДМ, 2003.
11. Шаламов А.С. Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции. – М.: Университетская книга, 2008.
12. Буренок В.М. Проблема создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. – 2014. – № 2 (27).
13. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники. – М.: Граница, 2015.