

В.И. Карпухин, доктор технических наук,
профессор

Р.С. Аносов, кандидат технических
наук, доцент

Д.М. Бывших, кандидат технических
наук, старший научный сотрудник

Оптимизация жизненного цикла образца техники радиоэлектронной борьбы

Рассмотрено понятие оптимального жизненного цикла образца техники радиоэлектронной борьбы. Приведена оптимизационная модель жизненного цикла. Показана актуальность оценки эффекта управления жизненным циклом образцов техники радиоэлектронной борьбы.

Задача оптимизации жизненного цикла (ЖЦ) на проектном (программном) уровне – это, фактически, обеспечение возможности повышения военно-экономической эффективности мероприятий по продлению ЖЦ, проводимых на каждом этапе. Это, прежде всего, достигается:

- обоснованным выбором ТТХ, обеспечением их реализации;
- созданием и правильным применением нормативной базы, производственных технологий и технических средств эксплуатации и ремонта;
- своевременным выполнением работ по подготовке технических заданий (ТЗ) и выполнению работ по войсковому ремонту, сопряжению образца с новыми элементами системы вооружения радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и модернизации образца;
- совершенствованием способов применения (с доработкой инструкций и наставлений по боевому применению, совместному применению с другими образцами вооружения и военной техники, в том числе и с техникой системы вооружения РЭБ), оптимизацией оргштатной структуры (ОШС);
- своевременным заданием и выполнением работ по развитию электронной компонентной базы (ЭКБ) и фундаментальных и поисковых работ в интересах модернизации образцов;
- оценкой на каждом этапе ЖЦ эффективности планируемых и принимаемых решений;
- выбором целесообразных с военно-экономической точки зрения сроков эксплуатации и момента замены на более современный образец;
- созданием запасов образцов для восполнения естественной убыли, непредвиденных потерь или наращивания состава комплектов техники РЭБ для компенсации снижения эффективности, а также оптимизацией состава запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП), совершенствованием системы поставок предметов снабжения.

Особенностью процесса управления ЖЦ образца техники РЭБ является необходимость непрерывного мониторинга, прогнозирования состояния радиоэлектронных средств (РЭС) военного назначения противника, принятия решений на основе прогнозируемых параметров, постоянная оценка эффективности принимаемых на ЖЦ решений, корректировка оценок и прогнозов при снижении неопределеностей на последующих этапах, выработка целесообразных решений в интересах поддержания эффективности и увеличению длительности эксплуатации образца.

В Минобороны России проводится работа по созданию системы управления полным жизненным циклом (СУПЖЦ) вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). В настоящее время СУПЖЦ ВВСТ находится на стадии формирования облика системы, обоснования цели ее

функционирования и решаемых задач. Продолжается активное обсуждение проблем формирования СУПЖЦ ВВСТ, включая технику радиоэлектронной борьбы [1]. Нет единства и в определении целей управления, так в качестве целей, как правило, определяют [3]:

- обеспечение согласованности стадий ЖЦ по срокам и результатам. Другими словами, обнаружение и предотвращение несоответствий, возможных в условиях, когда разные участники создания и эксплуатации образца действуют по объективным причинам при ограниченной информации [4];
- своевременное выполнение военных работ по совершенствованию способов применения, оценке эффективности образца в новых условиях применения и разработка мероприятий по поддержанию эффективности на требуемом уровне, в том числе наращиванием количества образцов в составе частей РЭБ;
- обеспечение реализуемости требований к образцам по ресурсам;
- достижение и поддержание в ходе эксплуатации требуемых тактико-технических характеристик (ТТХ) образцов и особых эксплуатационных свойств¹;
- обеспечение требуемого уровня качества и готовности образцов к применению;
- повышение эффективности работ, выполняемых в ходе ЖЦ, и за счет этого – минимизацию стоимости ЖЦ образцов;
- сокращение сроков и стоимости ремонтов, продление периода эксплуатации образца.

Тем не менее, можно выделить в качестве основной цели оптимизации ЖЦ обеспечение требуемой боевой эффективности образца при минимальной стоимости ЖЦ, которая включает в себя вышеназванные и другие частные цели управления ЖЦ. Боевую эффективность образца и стоимость его ЖЦ предлагается принять за параметры, определяющие эффективность ЖЦ. То есть целью оптимизации управления ЖЦ можно считать повышение эффективности ЖЦ образца ВВСТ, в т.ч. средства или комплекса РЭБ, которая является обобщенной характеристикой, определяемой через отношение боевой эффективности образца и затрат на образец на протяжении его ЖЦ при условии, что боевая эффективность будет не ниже требуемой. Такой показатель, в целом, соответствует требованиям, выработанным в теории эффективности сложных систем [5], которые полагают, что показатель эффективности ЖЦ сложной развивающейся системы должен быть:

- физически измеримой, предметной величиной;
- скалярной величиной (векторные, множественные, тензорные оценки малопригодны, поскольку затрудняют сравнительный анализ вариантов, а их компоненты, в определенных условиях, могут оказаться альтернативными);
- универсальным, т. е. применимым как к ЖЦ в целом, так и к отдельным его этапам;
- валидным в аспекте оперативных расчетов, не требовать больших объемов исходной информации и временных затрат для получения оценки эффективности ЖЦ;
- эквивалентным в части прогнозирования, т.е. в равной степени применим к ретроспективе, текущему моменту, перспективе.
- оптимизационным, т.е. должен обеспечивать возможность применения оптимизационных критериев на его основе [6].

Отметим, что, в свою очередь, эффективность и затраты на образец определяются свойствами образца как технической системы и внешних по отношению к образцу условий его создания, боевого применения и поддержания в боеготовности. «...Например, определенное увеличение расходов на разработку может позволить значительно улучшить не только тактико-технические ха-

1 ГОСТ Р 56135-2014. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2015.

теристики изделий, но и существенно сократить эксплуатационные расходы, что в итоге приведет к достижению значительного экономического эффекта в течение всего периода эксплуатации создаваемых образцов военной техники. Кроме того, закладываемые на этапе разработки дополнительные возможности последующей модернизации позволяют значительно увеличить и сам жизненный цикл изделий, обеспечив, тем самым, существенное сокращение расходов...» [7]. С другой стороны, при разработке необходимо учитывать влияние реализованных свойств образца на стоимость эксплуатации [8], что особенно актуально при переходе на так называемые контракты сквозного жизненного цикла с предприятиями оборонно-промышленного комплекса [3].

По существу, управление ЖЦ – это выявление и выбор существующих альтернатив. Например, можно обеспечить высокую надежность при высоких затратах на ОКР и серийное производство (СП) и тем самым снизить затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт (ТОиР), а также на капитальный ремонт (КР). Или финансировать создание высокоэффективной ремонтной базы для обеспечения боеготовности образцов дешевых, но с низкой надежностью. Возможно создание дорогих высококачественных образцов с «избыточными» значениями ТТХ, эффективность которых будет сохраняться на требуемом уровне дольше, чем у традиционных образцов. Как альтернатива – создание более дешевых образцов на модульном принципе, эффективность которых можно поддерживать последовательной заменой отдельных модулей, определяющих эффективность образца в целом. Примером также может служить создание средств РЭБ с высокой степенью автоматизации (и с более высокой стоимостью создания), обеспечивающей снижение затрат на содержание и подготовку расчетов. Теоретически возможно наращивание количества средств РЭБ для поддержания требуемого уровня эффективности с соответствующим повышением затрат на серийное производство (СП), но низкой стоимостью ОКР, хотя в реальности увеличение наряда сил далеко не всегда возможно в силу ограничений по составу оргштатных формирований.

С учетом сказанного, эффективность ЖЦ формализуем в виде:

$$\mathcal{E}^{жц} = \mathcal{E}^{жц}(\mathcal{E}_б, З) = \mathcal{E}^{жц}(\mathcal{E}_б(\vec{x}, \vec{y}), З(\vec{x}, \vec{y})), \quad (1)$$

где: $\mathcal{E}^{жц}$ – эффективность ЖЦ образца техники РЭБ;

$\mathcal{E}_б$ – боевая эффективность образца;

З – затраты на образец на стадиях ЖЦ;

\vec{x} – вектор свойств образца техники РЭБ: характеристик, определяющих возможности образца по назначению (ТТХ) и других свойств, таких как ремонтопригодность, надежность [9, 10], уровень унификации [11], модернизационная пригодность (МПр) [12], контролепригодность [10] как возможность диагностики технического состояния, включая наличие систем самодиагностики и пр. Назовем эти параметры внутренними факторами;

\vec{y} – вектор условий создания, применения и поддержания в боеготовности образца (стоимость и длительность НИОКР, имеющийся научно-технический и технологический задел, применяемая элементная база, уровень применяемых технологий научно-производственной базы, серийность, запасы и резервы, типовые условия применения, типовые боевые эпизоды (ТБЭ), тип и количество РЭС противника – объектов РЭБ, тип и количество ВВСТ нашей группировки, уровень эксплуатационной и ремонтной баз, уровень подготовки личного состава и обслуживающего персонала, качество логистической поддержки, возможности заказчика и довольствующих органов по финансированию мероприятий на различных стадиях ЖЦ и т. п.). Назовем эту группу параметров внешними факторами. Внешние факторы условно можно разделить на управляемые (условно управляемые) и неуправляемые. К неуправляемым факторам можно отнести параметры, связанные с противником, к условно управляемым – факторы, изменение которых связано с большими затратами или требует

значительного времени (например, внедрение системы логистической поддержки), управляемые – факторы, которые реально используются для повышения эффективности ЖЦ.

Выделение внутренних и внешних факторов, влияющих на эффективность ЖЦ, соответствует требованиям нормативных документов¹. В соответствии с нормативными документами управление ЖЦ осуществляется по двум направлениям: первое – управление ТТХ и другим свойствам образца, второе – по условиям.

Методологически это оправдано тем, что внутренние факторы, являясь характеристиками образца, являются относительно неизменными на всем протяжении ЖЦ. Эти факторы, формируемые на начальных стадиях (фундаментальные и поисковые исследования – ФПИ, НИОКР), во многом определяют особенности последующих стадий ЖЦ и возможности управления ЖЦ, включая обеспечивающую боевую эффективность и затраты на поддержание боеготовности. При программном управлении ЖЦ реальное управление возможно осуществлять только вектором \vec{x} , варьируя стоимость и длительность ФПИ и НИОКР, а также тематику исследований. На последующих стадиях управление осуществляется изменением компонент вектора \vec{y} .

В соответствии с принятой в Минобороны России методологией [13, 14] при обосновании перспектив развития ВВСТ решаются, как правило, оптимационные задачи двух типов: максимизация эффективности образца при заданных ресурсных ограничениях и минимизация затрат на образец при его эффективности не ниже требуемой. Рассмотрим задачу минимизации стоимости ЖЦ при заданной (не ниже требуемой) эффективности. В качестве критериального показателя выберем среднегодовые затраты на единичный образец на протяжении всего ЖЦ:

$$\bar{C} = \frac{1}{T(\vec{x}(t), \vec{y}(t))} \left[\frac{1}{n} \int_{t_0}^{t_c} Z(\vec{x}(t), \vec{y}(t)) dt + \int_{t_c}^{t_{ok}} Z(\vec{x}(t), \vec{y}(t)) dt \right], \quad (2)$$

где: n – число изделий образца, поставленных в войска;

$Z(\vec{x}(t), \vec{y}(t))$ – затраты на обеспечение свойств образца \vec{x} в условиях \vec{y} в момент t ;

t_0 – момент начала ЖЦ;

t_{ok} – момент окончания ЖЦ;

t_c – момент начала серийного производства;

T – длительность ЖЦ ($T = t_{ok} - t_0$), которая определяется тем периодом, на котором образец сохраняет достаточный уровень эффективности, т.е. фактически зависит от того, когда и какие значения имели параметры \vec{x} и \vec{y} .

Отметим, что выбранный критериальный показатель соответствует упомянутым ранее требованиям. При этом здесь и далее будем подразумевать, что боевая эффективность образца, начиная с поставки в войска, обеспечивается на уровне не ниже требуемого. Отметим, что в те периоды, когда образец находится в ремонте или на модернизации, если они достаточно длительны, для выполнения задач РЭБ должен привлекаться дополнительный образец, находившийся на хранении (при этом возникает задача управления запасами образцов техники РЭБ).

Задача оптимизации ЖЦ сводится к нахождению таких \vec{x} и \vec{y} , которые обращали бы в минимум целевую функцию \bar{C} , эту задачу можно формализовать в виде:

Найти:

$$\underset{\vec{x}(t), \vec{y}(t)}{\operatorname{argmin}} \bar{C} = \frac{1}{T(\vec{x}(t), \vec{y}(t))} \left[\frac{1}{n} \int_{t_0}^{t_c} Z(\vec{x}(t), \vec{y}(t)) dt + \int_{t_c}^{t_{ok}} Z(\vec{x}(t), \vec{y}(t)) dt \right] \quad (3)$$

1 ГОСТ Р 56135-2014. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2015.

при $\mathcal{E}_\delta(\vec{x}(t), \vec{y}(t)) > \mathcal{E}_{tp}$, $t_0 < t < t_{ok}$, где

$\mathcal{E}_\delta(\vec{x}(t), \vec{y}(t))$ – боевая эффективность (во временном интервале от начала поставок до утилизации), т. е. эффективность образца в случае реализации ТБЭ в момент t , которую обеспечивают свойства образца \vec{x} и условия \vec{y} ;

\mathcal{E}_{tp} – требуемая эффективность.

Остальные обозначение те же, что и в (2).

В соответствии с п. 3.1.3 ГОСТ Р56135-2014 под управлением жизненным циклом продукции военного назначения понимают деятельность в области создания и эксплуатации образца, связанную с обеспечением достижения и поддержания заданных требований путем управляемого воздействия на конструкцию образца, научно-производственную среду и систему технической эксплуатации. Таким образом, свойства образца \vec{x} и условия \vec{y} , являются функцией управления u :

$$\begin{aligned}\vec{x}^1 &= \psi(\vec{x}^0, u, t), \\ \vec{y}^1 &= \phi(\vec{y}^0, u, t),\end{aligned}\quad (4)$$

где ψ, ϕ – функции управления;

\vec{x}^0, \vec{y}^0 – начальные положения свойств и условий до воздействия управления;

\vec{x}^1, \vec{y}^1 – значения свойств и условий в результате воздействия управления.

Анализ работ по управлению ЖЦ [15-17] показывает, что процесс управления можно условно разделить на несколько этапов:

1. Сбор и обработка информации. Мониторинг развития РЭС военного назначения противника, прогресса научно-технического и технологического задела. Прогнозирование эффективности образца.

2. Выявление (прогнозирование) проблемных ситуаций. Постановка оперативных целей управления. Выбор метода и способа управления. Разработка и согласование возможных управленческих решений. Оценка реализуемости, ресурсоемкости и целесообразности.

3. Реализация мероприятий по выбранным управленческим решениям. Получение информации о состоянии объекта управления, так называемая «обратная связь». Ее составляют отчетные научно-технические документы, предъявляемые заказчику, конструкторская документация, протоколы испытаний, а также донесения и сообщения о состоянии изделий ВВСТ. Оценка эффективности выбранного метода управления.

Существо мероприятий по управлению было рассмотрено в начале статьи.

Рассматривая процесс управления как дискретный по времени, в векторно-матричном представлении запишем:

$$\begin{aligned}x^{\tau+1} &= x^\tau + A^\tau u^\tau, \\ y^{\tau+1} &= y^\tau + B^\tau u^\tau,\end{aligned}\quad (5)$$

где $x^{\tau+1}, y^{\tau+1}$ – векторы состояния внутренних и внешних параметров соответственно в момент $\tau+1$;

x^τ, y^τ – векторы состояния внутренних и внешних параметров соответственно в предшествующий момент τ ;

A^τ, B^τ – функции управления внутренними и внешними параметрами соответственно в матричной форме;

u^τ – вектор управлений внутренними и внешними параметрами;

$\tau = 0, 1, 2, \dots$ – дискретное время.

Размеры матриц A^τ, B^τ согласуются с размерностью векторов и определяют состояние системы при влиянии на нее управлений.

При описании ЖЦ как объекта управления основная задача заключается в получении уравнений (5), т. е. получении матриц A^r , B^r на основании содержательных сведений об объекте и условиях его создания и функционирования. Отметим, что длительность ЖЦ также определяется тем, какие управление совершины на ЖЦ и как реагировали на эти управления внутренние и внешние параметры – $T = T(A^r, B^r, u^r)$. Будем считать управление оптимальным, если обеспечивается минимум среднегодовых затрат (3). При этом задача (3) сводится к нахождению такого управления, которое обращает в минимум среднегодовые затраты и может быть записана в виде:

Найти:

$$\underset{u \in U}{\operatorname{argmin}} \bar{C} = \bar{C}(A^r, B^r, u^r). \quad (6)$$

при $\dot{\mathcal{E}}_b(A^r, B^r, u^r) > \dot{\mathcal{E}}_{mp}$, $t_0 < t < t_{ok}$.

Обозначения те же, что и в (2)-(5).

Решение задачи нахождения оптимального управления ЖЦ (6) в значительной мере затруднено сложными взаимосвязями между управлением, внутренними и внешними факторами и эффективностью ЖЦ. Так, для оценки зависимостей эффекта от управления только для отдельных свойств образца техники РЭБ, таких как унификация, модернизационная пригодность, надежность необходимо рассмотрение нетривиальных моделей [8-12]. К тому же, мероприятия по управлению ЖЦ достаточно разнообразны по содержанию, уровню, ресурсоемкости, ожидаемому эффекту. Например, мероприятия общего характера не зависят от боеспособности образца (образцов), тогда как необходимость мероприятий по «техническому» [6] управлению (замены образца на более совершенный [2] или модернизации узлов и устройств, устранение неисправностей, текущий, средний и капитальный ремонт аппаратуры) определяется именно состоянием образца.

Условно можно выделить три уровня управления (рисунок 1):

- стратегический, на котором принимаются решения по организации, способам, оснащению системы управления ЖЦ ВВСТ, имеющие общий длительный эффект по эффективности ЖЦ для совокупности образцов;
- оперативный, на котором принимаются решения, влияющие на эффективность ЖЦ отдельного образца;
- тактический, на этом уровне осуществляется ситуационное управление на этапах стадий ЖЦ, на которых принимаются решения по непосредственному текущему управлению исследованиями, разработками, производством, эксплуатацией и капитальному ремонту. Т.е. принимаются решения по срокам, исполнителям, порядку проведения работ по исполнению технического задания на выполнение работ и инструкции по эксплуатации, порядку проведения пуско-наладочных работ, восстановления, утилизации.

По содержанию мероприятия по управлению ЖЦ можно разделить на группы: финансирования; управления электронными документами и данными об изделиях ВВСТ; логистической поддержки; управления функциональным обликом, конструктивными особенностями и ТТХ; управления требованиями по эффективности; управления проектами; управления запасами.

На различных стадиях ЖЦ действуют различные участники, имеющие свое представление об образце, решая свои специфические задачи в своих интересах и осуществляют для решения этих задач специализированное управление. Так, для заказывающих, координирующих органов МО и НИУ МО образец техники РЭБ является элементом системы вооружения РЭБ, который должен выполнять определенные задачи РЭБ с требуемой эффективностью. Поэтому управление направлено на обоснование ТТХ образца и других его свойств, способов его применения и взаимодействия с другими средствами РЭБ и ИУС, порядка эксплуатации.

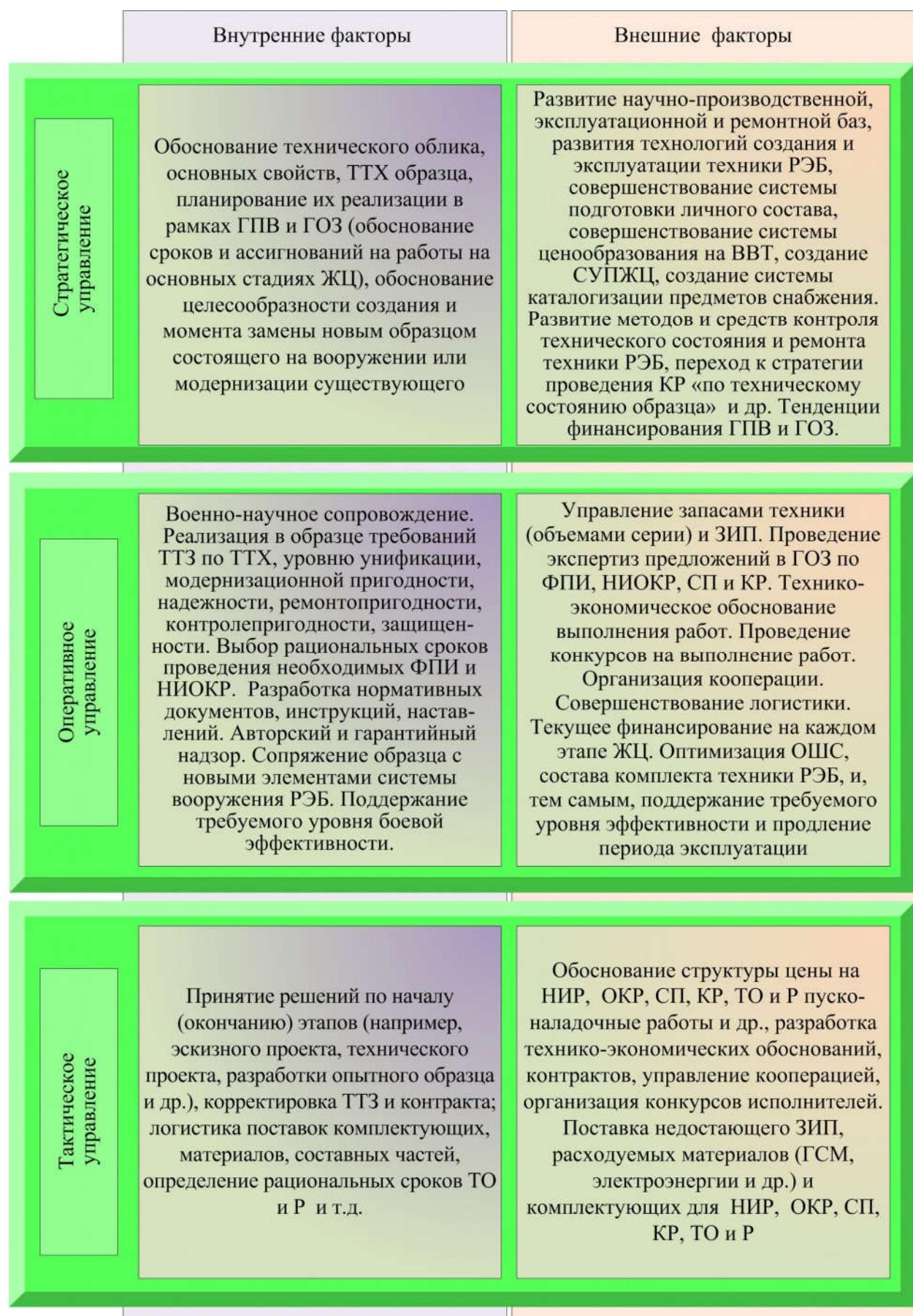


Рисунок 1 – Уровни управления ЖЦ

Эти органы также определяют количество изделий, порядок оснащения войск, длительность эксплуатации, момент замены или модернизации образца. Заказчик (координатор) постоянно отслеживает состояние образца, уровень его эффективности, анализируя информацию по сводкам, поступающим из войск. Для довольствующих органов образец рассматривается, прежде всего, как объект заказа и закупки. Управление призвано обеспечить финансирование в требуемых объемах работ в интересах создания и эксплуатации образца, а также работ (ФПИ, НИОКР), необходимых для создания технических устройств, элементной базы, материалов. Для войск РЭБ образец рассматривается как объект с определенным способом применения, а также как объект технического обслуживания и ремонта, при этом управление связано с порядком подготовки личного состава и с определением сроков и содержания проводимых ТО и Р, в том числе контролем технического состояния и обоснованием необходимости капитального ремонта (КР). Для разработчиков образец представляет собой техническую систему и принятие решений связано с обоснованием структуры этой системы и состава элементов на различных ее уровнях, обеспечивающих предъявляемые к образцу требования по ТТХ, модернизационной пригодности, надежности, ремонтопригодности. Разработчики осуществляют авторский надзор – комплекс мероприятий (работ), проводимых разработчиком с участием изготовителя и заказчика изделий, связанных с непосредственным надзором за качеством разработанных им изделий в реальных условиях эксплуатации и принятием мер по улучшению их качества в течение всего времени эксплуатации. Для производителей образец – это техническая система с позиций применяемых технологий, используемых материалов и комплектующих. При этом управление связано с организацией поставок необходимых материалов и комплектующих, наладки производственных линий, освоения производственных технологий, проведением пусконаладочных работ, контролем порядка и условий эксплуатации, а также работ по обеспечению исправности техники (гарантийный надзор).

Таким образом, с учетом специфики управления на каждом этапе ЖЦ и значительного числа принимаемых решений на каждой стадии ЖЦ наличие различных управляющих органов (организаций, предприятий) представляется целесообразным. Тем не менее, наличие единой СУПЖЦ позволило бы более эффективно вести согласование между фигурантами на всем ЖЦ, оперативно и в требуемых объемах получать необходимую информацию о состоянии образца, оптимизировать затраты.

Для анализа возможностей тактического управления схема ЖЦ образца должна быть детализирована. Детализированная схема, разработанная на основе работы [6], представлена на рисунке 2.

На рисунке 2 обозначено: 1 – выявление проблем в выполнении задач РЭБ; 2 – оценка возможности выполнения задачи существующей техникой; 3 – обоснование технических требований к образцу; 4 – анализ (прогнозирование) способов применения и эффективности в составе комплекта техники РЭБ; 5 – анализ ТТХ аналогов и эксплуатационно-технических характеристик предшественников; 6 – анализ уровня научно-технического и технологического задела по технологиям РЭБ; 7 – анализ ресурсных требований на создание образца; 8 – моделирование функционального облика («черный ящик»); 9 – прогнозирование и оптимизация параметров ЖЦ, обоснование военно-экономической целесообразности создания образца; 10 – документальное оформление результатов внешнего проектирования (ТТЗ и контракт); 11 – декомпозиция структуры образца на составные части (СЧ) разного функционального уровня (ЧТЗ на СЧ); 12 – разработка принципов построения СЧ, математическое моделирование СЧ; 13 – разработка проектных решений; 14 – синтез проектного облика образца; 15 – моделирование и макетирование (экспериментальная отработка проектных решений); 16 – синтез уточненного проектного облика образца; 17 – корректировка ТТЗ; 18 – разработка комплекса проектной,

конструкторской, технологической и эксплуатационной документации опытного образца; 19 – изготовление опытного образца; 20 – государственные испытания; 21 – корректировка проектной, конструкторской, технологической и эксплуатационной документации для серийного производства; 22 – технологическая подготовка серийного производства; 23 – логистика поставок компонентов и материалов; 24 – изготовление СЧ; 25 – логистика поставок СЧ (управление коопeraçãoми); 26 – комплексная стыковка и отладка образца; 27 – логистика поставок; 28 – ввод в эксплуатацию на месте дислокации (пуско-наладочные работы), гарантыйный надзор; 29 – эксплуатация в течение гарантого срока; 30 – гарантное ТО и ремонт; 31 – эксплуатация в послегарантыйный период, авторский надзор; 32 – послегарантное ТО и ремонт; 33 – капитальный (войсковой) ремонт (модернизация) с восстановлением ресурса и продлением срока эксплуатации; 34 – эксплуатация с восстановленным ресурсом; 35 – ТО и войсковой ремонт модернизированного образца; 36 – формирование статистики за период эксплуатации; 37 – списание по истечении назначенного срока эксплуатации (выработки ресурса); 38 – дефектация на предмет утилизации; 39 – разборка на СЧ нижнего уровня разукрупнения; 40 – сортировка СЧ по направлениям утилизации; 41 – передача работоспособных СЧ с остаточным ресурсом на вторичное использование; 42 – передача неработоспособных СЧ на переработку во вторичное сырье [6].

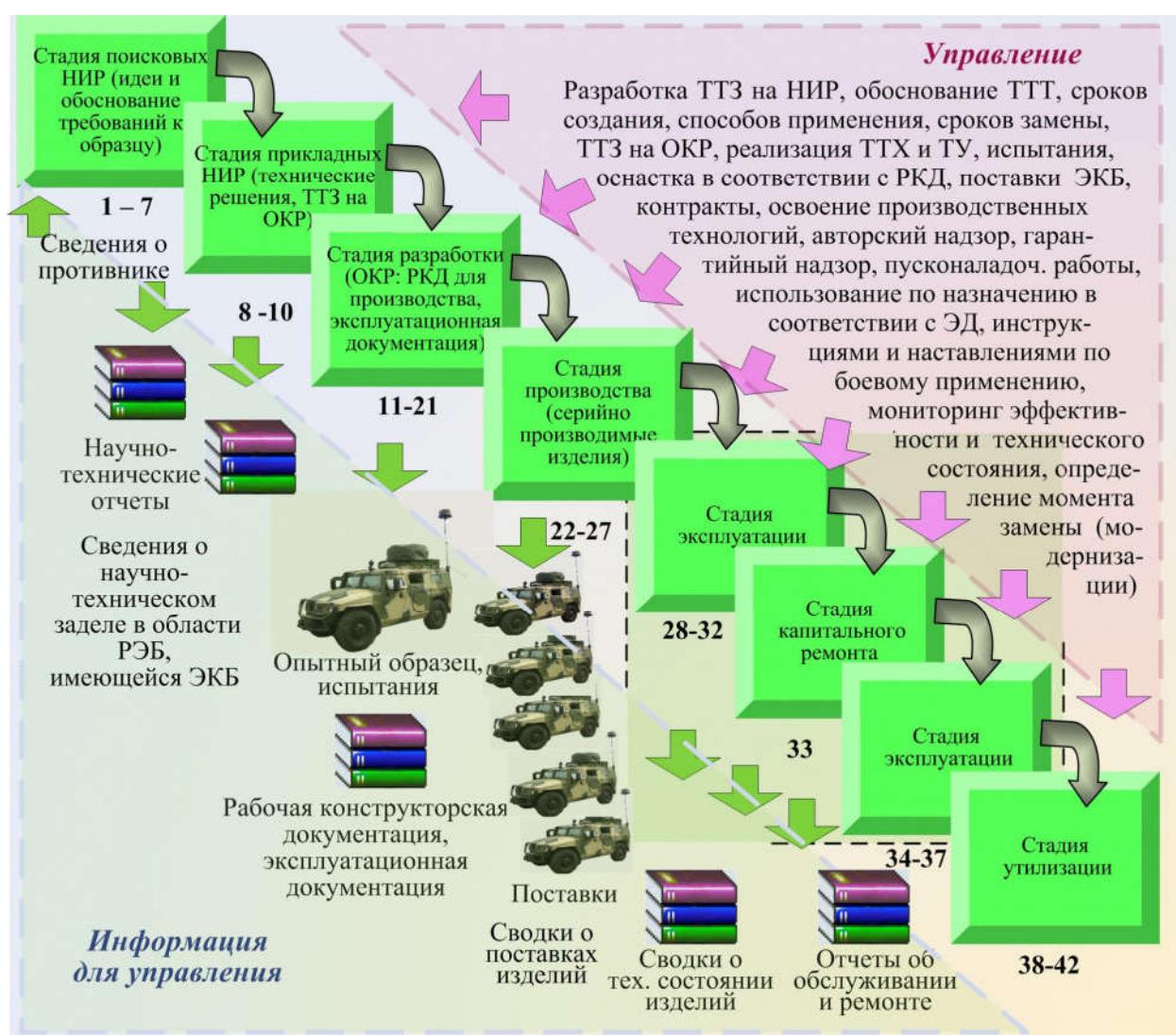


Рисунок 2 – Структура жизненного цикла

Как уже отмечалось, решение оптимизационной задачи (3) или (6) затруднено отсутствием аналитического вида критериальной функции, что обусловлено сложными взаимосвязями между управлением, факторами и эффективностью ЖЦ. Построение такой функции на основе статистической информации требует сбора больших объемов информации на протяжении длительного периода при учете возможного одновременного воздействия на эффективность ряда мероприятий по управлению. К тому же, на уровне стратегического управления мероприятия зачастую носят разовый характер, например, внедрение системы каталогизации или внедрение системы эксплуатации по техническому состоянию, что исключает возможность построения регрессии эффективности как функции мероприятий по управлению. Тем не менее, на оперативном уровне на основе качественного анализа характера влияния мероприятий по управлению ЖЦ на эффективность на различных стадиях и с учетом весомости этих стадий в аспекте ресурсоемкости может быть оценена относительная целесообразность мероприятий по управлению ЖЦ. Для иллюстрации рассмотрим возможности оперативного управления ЖЦ на качественном уровне (таблицы 1, 2).

Основная доля затрат на образец с учетом объема серии приходится на стадию эксплуатации и серийное производство. Поэтому представляется целесообразным некоторое увеличение стоимости НИОКР в целях повышения ТТХ и других вышеперечисленных свойств образца, что обеспечило бы впоследствии более продолжительный период эксплуатации и сокращение затрат на разработку и производство нового образца.

Таблица 1 – Управление ЖЦ и возможные эффекты (пример для среднестатистического образца)

Стадия	Доля затрат от стоимости изделия	Возможное управление		Ожидаемый эффект
		1	2	3
НИР	0,5-1,2	Управление осуществляется объемами выделяемых ассигнований, сроками проведения, военно-научным сопровождением работы и контролем результатов поэтапно в соответствии с ТТЗ. Управление характеристиками образца. Закладываются основные свойства будущего образца, определяются требования к уровням основных ТТХ, определяются выполняемые задачи РЭБ, способы применения образца. Обосновываются применяемые научно-технические и технологические достижения. Обосновываются требования по совместимости образца с находящимися на вооружении и перспективными по срокам и содержанию работ при поэтапном перевооружении войск РЭБ. Т.е. необходимо учитывать условия использования образца в комплекте техники РЭБ определенного (обоснованно оптимального) состава. Это подразумевает реализацию оптимальных сроков этапов ЖЦ образцов, ранее обоснованных в процессе программного планирования развития РЭБ и сроков оснащения войск РЭБ новой техникой. Разрабатываются наставления по боевому применению. Задание работ по разработке необходимых для разработки ЭКБ и материалов.	Увеличивая затраты на НИР повышается уровень научно-технической проработки образца, что может снизить затраты на последующей стадии на эскизное и техническое проектирование. Обоснование применимости в образце новых научно-технических и технологических достижений может обеспечить как повышение надежности, так и более длительный период требуемой эффективности.	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
ОКР	3,0-5,0	<p>Управление осуществляется объемами выделяемых ассигнований, сроками проведения ОКР, в том числе и этапов ОКР, исполнителями, в т. ч. по кооперации, выбором для использования элементной базы, выбором технических, конструктивных, технологических решений.</p> <p>На этой стадии реализуются требования по ТТХ образца, его модернизационной пригодности, ремонтопригодности, уровню унификации и надежности.</p> <p>Варьируя выделяемые ассигнования на ОКР и их распределение по этапам, возможно управление качеством технического проектирования и техническим уровнем образца, а также выше перечисленными свойствами образца.</p> <p>Разрабатывается РКД и ЭД, используемая на последующих стадиях.</p>	<p>В последующем может обеспечить более длительный срок эксплуатации и меньшие длительности и число ремонтов.</p> <p>Дополнительное инвестирование в обеспечение таких особых свойств образца техники РЭБ, как модернизационная пригодность и ремонтопригодность в ходе его создания, позволяет получить экономическую выгоду за счет значительного снижения стоимости работ по модернизации и ремонту образца</p>
СП	1,0 (при оценке эффекта необходимо учитывать серийность образца)	<p>Дополнительное выделение ассигнований на применение передовых производственных технологий и оборудование, контроль качества, использование высоконадежных комплектующих повышает надежность изделия с соответствующим снижением необходимости в ремонте изделий.</p> <p>При обеспечении высокого уровня унификации образца на предыдущей стадии и при эффективно функционирующей системе каталогизации предметов снабжения (снижение стоимости комплектующих) возможно значительное снижение стоимости изделия.</p>	<p>Затраты на пуско-наладочные работы и текущие ремонты в значительной мере будут зависеть от уровня автоматизации и качества сборки изделия, которые заложены на стадиях ОКР и производства.</p> <p>При внедряемом подходе «ремонт по техническому состоянию» это может дать значительный эффект по снижению затрат.</p>
ЭКСП	0,5 (годовая). (за весь период эксплуатации – до 80% общих затрат на всем ЖЦ). Наиболее ресурсоемкая стадия ЖЦ.	<p>Сопряжение с вновь созданными элементами системы вооружения, например, использование образца совместно с новой информационно-управляющей системой (ИУС) и повышение за счет этого эффективности образца. Эффект управления состоит в продлении периода эксплуатации, на котором эффективность образца не ниже требуемого. Так же цель управления может состоять в обеспечении соответствия периода эксплуатации образца и периода эксплуатации ИУС и возможности технической и информационной сопряженности образца с ИУС. Возможны и другие варианты совместного использования образца с другим (например, если два образца совместно перекрывают рабочий диапазон подавляемого РЭС противника, в то время как по отдельности они не могут обеспечить перекрытие всего диапазона).</p> <p>Обоснование сроков и содержания войсковых ремонтов и модернизации. Модернизация образца.</p> <p>Совершенствование логистики. Управление запасами ЗИП и изделий. Диагностика технического состояния изделия.</p> <p>Составление и отправка в довольствующий орган донесений о состоянии образца. Своевременное принятие решений о ТО и Р, а также КР.</p>	<p>Снижение затрат на этой стадии возможно за счет повышения надежности и ремонтопригодности образцов, каталогизации предметов снабжения и комплексной логистики, унификации изделий, продления сроков эксплуатации.</p>
КР	0,25-0,7	<p>Затраты напрямую зависят от уровней ремонтопригодности и унификации, заложенных на предыдущих стадиях.</p> <p>Также количество ремонтов зависит от надежности образца.</p>	<p>Снижение затрат возможно за счет совершенствования технических средств и технологий КР, логистики, внедрения системы КР «по техническому состоянию».</p>

Далее в таблице 2 оцениваются возможные управления на стадиях жизненного цикла и их возможные эффекты.

Таблица 2 – Мероприятия по управлению и эффекты по снижению затрат (пример) на ЖЦ

№	Управление	Стадия ЖЦ, на котором возможно снижение затрат ЖЦ за счет управления					Оценка эффекта в целом, %
		НИР	ОКР	СП	ЭКСПЛ	КР	
1	Обоснование оптимальных ТТХ, определяющих эффективность образца с учетом перспектив развития РЭС противника		+	++	++	+	до 30
2	Обеспечение полной реализации ТТХ, в т. ч.:						
	- совместимости со средствами системы РЭБ (технической, программной, информационной, лингвистической)	-	+	-	+	-	2-5
	- автоматизации	-	-	-	++	-	3-10
	- ремонтопригодности	-	-	-	+	++ +	до 10
	- надежности	-	-	-	+++	-	до 15
	- уровня унификации	-	+	++	+	+	до 20
	- уровня МПр	-	++*	-	+	+	до 25
	- контролепригодности	-	-	-	++	-	до 5
3	Применение прогрессивных производственных технологий	-	++	+++	-	++	до 10
4	Совершенствование и правильное применение технических средств эксплуатации и ремонта	-	-	-	++	-	до 5
5	Развитие методов и средств контроля технического состояния и ремонта техники РЭБ, переход к стратегии проведения КР «по техническому состоянию образца»	-	-	-	+	+	до 10
6	Разработка и применение (исполнение) нормативных документов, инструкций по эксплуатации, наставлений по РЭБ	-	-	-	+	+	до 5
7	Своевременная постановка ФПИ, НИОКР по созданию и применению элементной базы, новых материалов и технических устройств для применения в новых и модернизируемых образцах	+	+++	++	+	++	до 15
8	Совершенствование способов применения (с доработкой инструкций и наставлений по боевому применению), совместному применению с другими образцами ВВСТ, в том числе и с техникой системы вооружения РЭБ, оптимизацией ОШС и тем самым поддержание требуемого уровня эффективности и продление периода эксплуатации	-	+	+	+	+	до 10
9	Обоснование и реализация целесообразных с военно-экономической точки зрения сроков эксплуатации и момента замены на более современный образец или модернизации	-	+	+	+	+	до 10
10	Оптимизация объемов поставок, создание запасов образцов для восполнения естественной убыли, непредвиденных потерь или наращивания состава комплектов техники РЭБ для компенсации снижения эффективности	-	-	*	+	+	до 5
11	Мониторинг эффективности образца, оценка на каждом этапе ЖЦ эффективности планируемых и принимаемых решений	+	++	++	++	++	до 10
12	Повышение качества логистики	+	++	++	++	++	до 10

* Снижение затрат обусловлено тем, что за счет обеспечения МПр можно проводить модернизацию существующего образца, а не разрабатывать новый.

Отметим, что повышение точности анализа возможно путем детализации стадий ЖЦ до этапов стадий, подэтапов и отдельных работ (рисунки 1, 2) и оценок влияния управления на эти элементы ЖЦ.

Вывод. Рассмотрены основные факторы, определяющие эффективность ЖЦ образцов техники РЭБ, предложен релевантный критериальный показатель эффективности, рассмотрены основные принципы управления эффективностью ЖЦ. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании военно-экономической целесообразности создания образцов техники РЭБ и обосновании необходимости мероприятий по управлению ЖЦ.

Список использованных источников

1. Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. – 2014. – № 2 (27). – С. 4-9.
2. Головачев Г.И., Котяшев Н.Н. Оптимизация сроков обновления образцов вооружения и военной техники // Стратегическая стабильность. – 2007. – № 1 (38). – С. 32-38.
3. Лосев Е.Ф., Балажигитов Р.А. Состояние и проблемы перехода оборонно-промышленного комплекса России на контракты сквозного жизненного цикла военной научноемкой продукции // Военная мысль. – 2015. – № 2 (28). – С. 3-9.
4. Левенчук А.И. Система управления жизненным циклом сложных инженерных объектов / <http://ailev.livejournal.com/929655.html>.
5. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
6. Воробьев С.П., Курносов В.И. Эффективность жизненного цикла инфокоммуникационных сетей как характеристика их разработки и эксплуатации // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Радиолокационная техника». – 2014. – Вып. 1. – С. 150-162.
7. Кураев Н.М., Стяжкин А.Н. Вопросы дальнейшего развития предприятий РЭП в сфере обороны и безопасности // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Радиолокационная техника». – 2014. – Вып. 1. – С. 182-176.
8. Старожук Е.А., Тужиков Е.З., Молоденков Д.А. Методики формирования конструкции образцов вооружения и военной техники и расчета стоимости производства с учетом затрат на гарантийное обслуживание // Стратегическая стабильность. – 2013. – № 3 (64). – С.28-33.
9. Погудин Е.В., Георгиевский О.Н., Гаврилов А.Н. Закономерности процесса обеспечения надежности техники на этапах жизненного цикла // Надежность и контроль качества. – 1998. – № 1. – С. 3-15.
10. Страхов А.Ф. Управление качеством на стадиях жизненного цикла сложных технических систем // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Общетехническая». – 2009. – Вып. 1. – С. 13-22.
11. Аносов Р.С., Бывших Д.М., Верич Е.Е., Глазунов Ю.М., Дмитриев А.В. Экономический эффект от применения унифицированных составных частей при разработке техники радиоэлектронной борьбы // Вооружение и экономика. – 2014. – № 4 (29). – С. 100-104.
12. Бывших Д.М., Дмитриев А.В., Жуков А.М. Экономико-математические модели оценки военно-экономической целесообразности создания образцов техники радиоэлектронной борьбы с высокой модернизационной пригодностью // Вооружение и экономика. – 2013. – № 2 (23). – С. 80-90.
13. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ. – М.: Воениздат, 2001. – 350 с.
14. Журавлев А.В. Теория управления развитием вооружения. Часть 1. Основы общей теории развития вооружения – М.: Военная академия РВСН имени Петра Великого, 2002. – 223 с.
15. Ногин В.Д. Введение в оптимальное управление: Учебно-методическое пособие. – СПб.: ЮТАС, 2008. – 92 с.
16. Грибков Е. Управление жизненным циклом изделия // Управляем предприятием. – 2012. – № 05 (16).
17. Непомнящий Е.Г. Экономика и управление предприятием: Конспект лекций. – Таганрог: ТРТУ, 1997. – 374 с.