

УДК: 355

DOI: 10.53816/20753608_2021_4_58

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА СУХОПУТНЫХ ВОЙСК: СТРУКТУРНАЯ ОСНОВА
И МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПО КОНТРОЛЬНЫМ ТОЧКАМ**

**FULL LIFE CYCLE CONTROL SYSTEM ROCKET COMPLEX OF LAND FORCES:
STRUCTURAL FRAMEWORK AND MODEL OF POINT CONTROL**

В.А. Дубовский¹, Н.И. Дубовская², чл.- корр. РАРАН А.В. Гурьянов³

¹ВА МТО им. А.В. Хрулева, ²НИИ ВСИ МТО ВС РФ, ³ОКБ «Электроавтоматика»

V.A. Dubovskiy, N.I. Dubovskaya, A.V. Guryanov

Постоянное повышение требований к уровню тактико-технических характеристик (ТТХ) ракетного комплекса (РК) Сухопутных войск влечет увеличение сложности их создания, эксплуатации и стоимости полного жизненного цикла (ЖЦ). Существующие локальные системы управления отдельными стадиями и этапами ЖЦ не в состоянии обеспечить требуемые параметры РК. В этих условиях значительно возрастает актуальность специальных мер, направленных на координацию деятельности органов управления заказчика РК и исполнителей Государственного оборонного заказа, обеспечивающих обоснование, достижение и поддержание заданных значений характеристик РК путем создания системы управления полным ЖЦ РК. В статье представлен авторский подход к проектированию структуры системы и реализации управления на этапах ЖЦ. **Ключевые слова:** система управления, жизненный цикл, ракетный комплекс, контрольные точки.

The constant increase in requirements for the level of tactical and technical characteristics of the missile system of the Ground Forces entails an increase in the complexity of their creation, operation and the cost of the full life cycle. The existing local control systems for individual stages and stages of the life cycle do not provide the required parameters of the rocket complex. Under these conditions, the relevance of special measures aimed at coordinating the activities of the control bodies of the customer of the missile complex and the executors of the State Defense Order, providing justification, achievement and maintenance of the specified values of the characteristics of the missile complex by creating a control system for the full life cycle of the missile complex, increases significantly. The article presents the author's approach to the design of the structure of the system and the implementation of management at the stages of the life cycle.

Keywords: system controls, life cycle, missile system, control points.

Ракетный комплекс Сухопутных войск, как и любой другой технически сложный образец ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ), в период полного ЖЦ от возникновения замысла о его создании до последующего снятия с эксплуатации и списания проходит эволюционный путь, содержащий совокупность процессов, при этом

каждый из них имеет ряд признаков и метрик, позволяющих их выделить в отдельные этапы и стадии. Сложившийся на сегодняшний день порядок управления данными процессами, характеризуется отсутствием единого органа, осуществляющего координацию деятельности всех участников ЖЦ, что приводит к возникновению

определенных предпосылок к снижению целевых параметров РК и его ТТХ [1].

При этом важно указать, что методология системного анализа предполагает необходимость рассмотрения процессов создания и эксплуатации любого изделия военной техники в рамках единого подхода [2, 3]. Следуя данным положениям, принципиально важно управление процессами ЖЦ РК осуществлять в единой системе, реализующей обобщенную операцию, имеющей два последовательных периода: 1-й период — создание РК (реализационный период ЖЦ); 2-й период — использование РК в качестве активного средства для достижения цели обобщенной операции (полезный период ЖЦ РК).

Поэтому создание системы управления полным жизненным циклом (СУ ПЖЦ) РК является важной государственной задачей и предметом научных и прикладных дискуссий между представителями Оборонно-промышленного комплекса и Министерства обороны на протяжении последнего десятилетия, а также наиболее распространенной организационной инновацией в практике зарубежных вооруженных сил [4]. При ее создании и последующем функционировании любое решение должно приниматься с учетом целей и баланса интересов каждой заинтересованной стороны. Альтернативного варианта в настоящий момент не существует.

Известно множество публикаций в области управления ЖЦ наукоемких изделий [3–7], среди которых, по нашему мнению, следует выделить, прежде всего, публикацию [5], в которой содержатся результаты анализа более 180 работ, выполненных отечественными и зарубежными специалистами, а также труды сотрудников научно-исследовательского центра CALS-технологий [8]. Учитывая несомненную теоретическую значимость данных исследований, следует указать на отсутствие в них адекватной теоретической платформы для построения СУ ПЖЦ. Данные работы в подавляющем большинстве посвящены разработке подходов по автоматизации процессов ЖЦ. В свою очередь, принципиальная позиция авторов настоящей публикации заключается в том, что автоматизации процессов ЖЦ должно предшествовать проектирование структуры системы, содержащей обоснованные элементы системы и связи между ними. Только выполнение данного условия позволит

избежать автоматизации ложных связей между элементами системы и существенных экономических потерь.

Импульсом инициирующем начало ЖЦ РК следует считать появление у вероятного противника нового РК с более высоким военно-техническим уровнем, разработка противосистемы (как правило, средств противоракетной обороны), обладающей потенциальными возможностями по подавлению существующего РК. Разработка перспективного РК (модернизация существующего) производится в рамках выделяемых материальных средств, позволяющих выполнять задачи по предназначению, т.е. достичь цель. Требуется обосновать рациональный вариант требований к РК, спроектировать и организовать процесс его производства в соответствующие сроки так, чтобы его потенциальная эффективность по возможности была наибольшей.

Таким образом, в системе для достижения цели в качестве активных средств используют выделенные денежные ассигнования на создание перспективного или модернизируемого РК, его последующую эксплуатацию, силы и средства органов управления (ОУ) заказчика, проектно-конструкторских организаций и производственных объединений. Способы использования этих активных средств составляют множество вариантов реализации первого периода обобщенной операции. Вариантами реализации второго периода операции являются способы использования активных средств, в состав которых входит созданный в первом периоде операции РК и необходимые для этого ресурсы. Предложенная методологическая схема, основой которой является обобщенная система управления, позволяет обоснованно подойти к согласованию целей и задач каждого этапа ЖЦ РК.

Цель обобщенной операции определяет назначение проектируемого РК и может быть реализована на этапе использования по назначению РК. Цели предшествующих этапов ЖЦ являются промежуточными целями обобщенной операции. Таким образом, этапы ЖЦ РК являются этапами обобщенной операции, направленной на достижение цели. В этой связи, цель функционирования СУ ПЖЦ состоит в обеспечении требуемых параметров РК и его ЖЦ, позволяющих реализовать выполнение РК задач по предназначению.

Установление цели системы и понимание задач, подлежащих решению для ее достижения, а также необходимых функций позволяет сформировать структурную основу системы, под которой понимается совокупность составляющих ее элементов и связей между ними, при этом элементом системы считается элемент, участвующий в достижении цели, для которой она предназначена (рис. 1).

Она предназначена для организационного упорядочения функций и процессов управления путем их группировки в блоки и выявления прямых и обратных связей между ними, представлена субъектами и объектами управления, среди них:

– заказчик определяет требования к РК и его свойствам, которые определяют боевые и эксплуатационные характеристики;

– головной разработчик (он же Головной изготовитель) осуществляет координирование деятельности всех исполнителей, задействованных в создании РК и в обеспечение его технической эксплуатации посредством выработки правил взаимодействия участников работ, распределения ответственности за поставки изделий, комплектов и услуг;

– органы военного управления формулируют и контролируют значения целевых параметров РК и его ЖЦ;

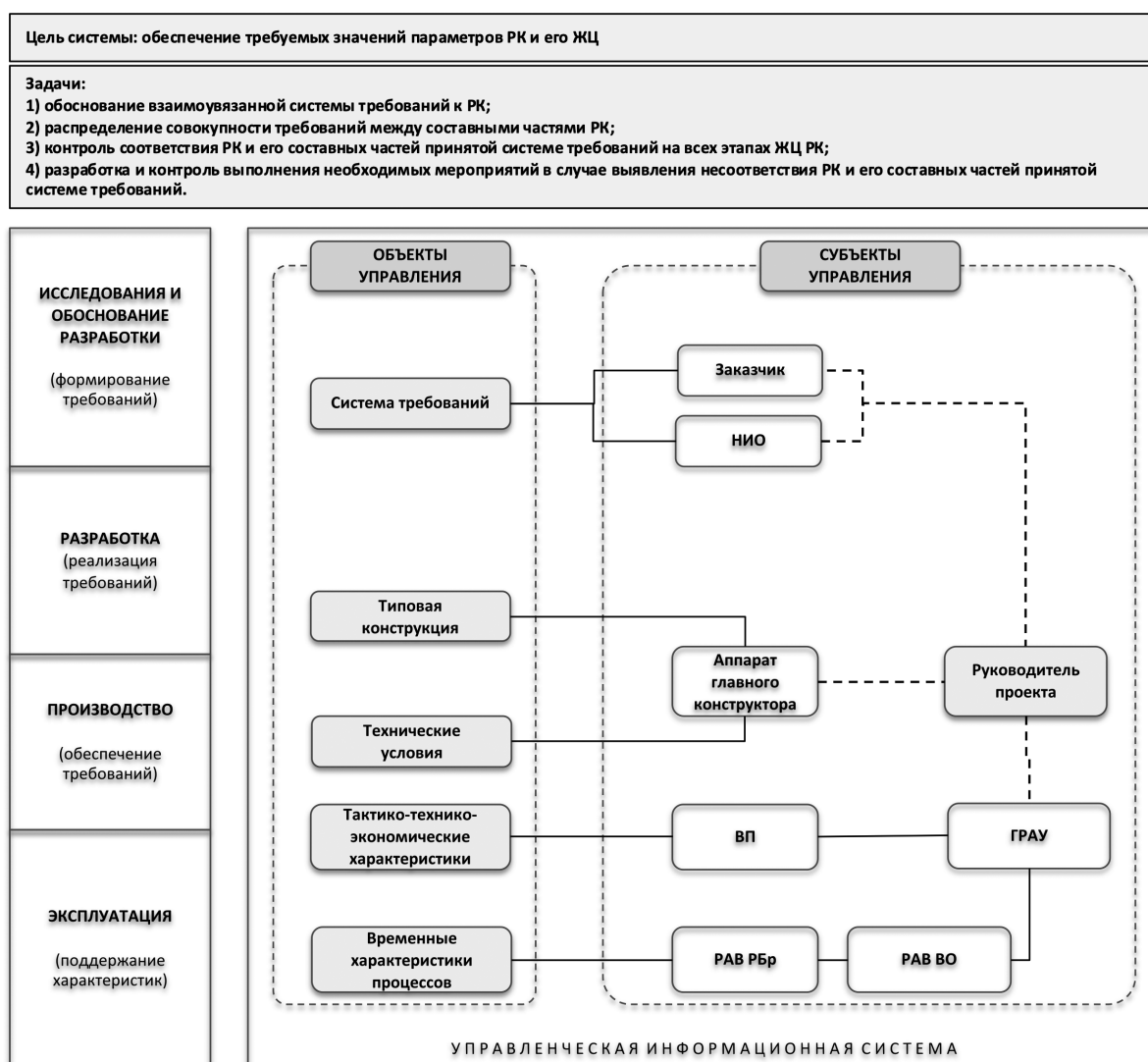


Рис. 1. Структурная основа СУ ПЖЦ РК: НИО — научно-исследовательские организации; ВП — военное представительство; ГРАУ — Главное ракетно-артиллерийское управление Министерства обороны Российской Федерации; РАВ ВО — служба ракетно-артиллерийского вооружения военного округа; РАВ РБр — служба ракетно-артиллерийского вооружения ракетной бригады

– научно-исследовательские организации заказчика обеспечивают получение и применение новых знаний за счет проведения фундаментальных и прикладных научных исследований и определяют цели, направления, формы деятельности участников ЖЦ РК в области реализации достижений науки и техники. Кроме того, осуществляют верификацию типовых конструктивных решений на этапах создания РК;

– эксплуатант формирует массив информации по результатам эксплуатации и инициирует выработку требуемых управленческих воздействий;

– военное представительство обеспечивает минимизацию издержек производства, осуществляет контроль достижения заданных показателей военно-технического уровня в ходе создания и его поддержание в процессе ремонта (модернизации), технического обслуживания и ремонта;

– руководитель проекта, который осуществляет единоличное принятие важнейших управленческих решений, на основе подготовленных участниками ЖЦ обоснований и несет персональную ответственность за их реализацию.

Перечисленные элементы в СУ ПЖЦ РК играют роль субъектов управления (СубУ), а в качестве объектов управления (ОбУ) выступают: система требований; технические условия; тактико-техничко-экономические характеристики; конструкция РК и временные характеристики процессов ЖЦ.

Предложенная структурная основа позволяет выявить для каждого элемента его технологические, информационные и организационные входы и выходы, и выработать единые требования к принятию управленческих решений на основе интегрального показателя эффективности ЖЦ РК.

Другим важным аспектом функционирования СУ ПЖЦ РК является порядок принятия управленческих решений по рациональному использованию ресурсов, базой для которых служит технико-экономический анализ. Его использование позволяет выявить возможные или уже существующие рассогласования между запланированными и фактическими параметрами изделий РК и параметрами их ЖЦ, а также отклонения от хода работ по созданию и эксплуатации РК. Так практически на всех этапах могут возникнуть такие ситуации, когда необходимо провести корректировку или перепланирование

количественных и качественных параметров, т.е. выбрать один из целесообразных вариантов продолжения ЖЦ.

В свою очередь, реализацию инновационных процессов сопровождает высокая степень неопределенности [3], особенно на стадиях исследования и разработки, которая находит отражение в нестабильности прогнозов и планов, их частой корректировке, неточности определенных сроков проведения работ и затрат ресурсов, возникновении новых требований.

Поэтому основным содержанием технико-экономического анализа в процессе управления ЖЦ РК являются: анализ прогнозируемого состояния ОбУ в СУ ПЖЦ РК; определение ожидаемых и фактических результатов; оценивание приоритетности и последовательности решения локальных задач; выявление предпочтительных вариантов направлений усилий и ресурсов на достижение одних и тех же результатов для их улучшения.

Для того, чтобы обеспечить своевременное выявление неэффективных работ, необходимо разработать процедуру анализа по определенным временным и контрольным точкам (КТ) [8]. Использование регламентированных календарных периодов времени в качестве КТ ЖЦ дает возможность ОУ заказчика и другим участникам ЖЦ РК оперативно оценить ход работы в процессе реализации отдельных составляющих ЖЦ РК и эффективность выполняемых работ на момент анализа и на последующий период.

Сущность управления по КТ заключается в установлении на конкретных стадиях и этапах ЖЦ РК типовых КТ, на которых дается оценка эффективности выполненных работ, определяются необходимость и целесообразность продолжения разработки, изготовления или эксплуатации РК.

Количество и расположение КТ в предлагаемой модели (рис. 2) определялись с учетом важности (приоритета) этапа (стадии) или другого структурного отрезка ЖЦ в формировании, обеспечении, поддержании и использовании качественных и затратных параметров РК.

Набор КТ, предлагаемый в модели, выбран исходя из возможности оценивания полученного результата с позиций дальнейшей перспективы продолжения ЖЦ и экономических факторов, при этом основанием для выбора КТ явились следующие обстоятельства:

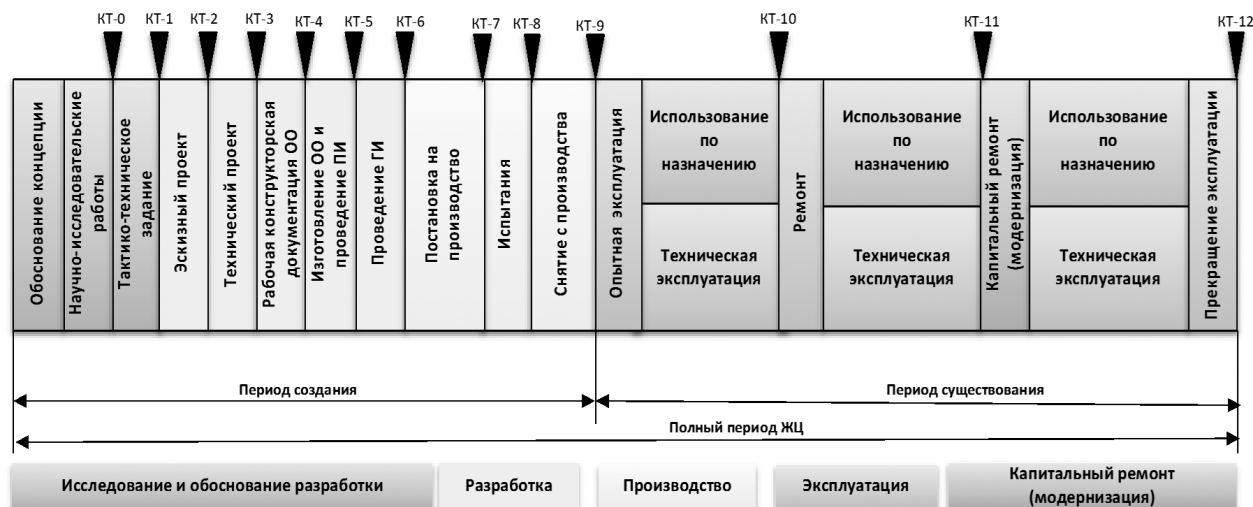


Рис. 2. Графический вид модели управления ЖЦ РК по контрольным точкам

1) наличие четко фиксированного момента достижения определенного технического результата или начала разработки организационно-технических мероприятий, определяющих достижение подобных результатов в последующем;

2) определение стадий (этапов, подэтапов), результаты которых решающим образом влияют на формирование или осуществление значительной доли последующих за КТ затрат;

3) определение КТ, на которых в соответствии с нормативно-технической документацией осуществляются работы по контролю, поддержанию или восстановлению качественных характеристик РК;

4) установление совокупности ситуаций, позволяющих определить временной отрезок ЖЦ РК, на котором произошли качественные изменения, дающие основание для внеплановой (экстренной) переоценки качественных и количественных параметров разрабатываемого, изготавливаемого и производимого РК.

На основании опыта создания и эксплуатации ракетного вооружения общевойскового назначения были установлены следующие временные вехи.

КТ-0. В качестве исходной точки анализа выбран момент завершения научно-исследовательских работ (НИР), предшествующий этапу разработки тактико-технического задания (ТТЗ). Проведение НИР предусматривает исследование принципов и путей создания РК, здесь формируется концепция его использования по назначению, поэтому в качестве исходной информации

для анализа будут являться полученные результаты НИР, а также ТТЗ на проведение аванпроекта (АП) и проект ТТЗ.

КТ-1. Момент завершения формирования концепции создания РК, которая обобщает результаты проведенных исследований в виде принципов и путей создания нового РК или модернизации существующего, вопросов применения и использования по назначению, моделей и экспериментальных образцов. Их совокупность позволяет принимать более эффективные и обоснованные решения на последующих стадиях ЖЦ, завершается АП и осуществляется утверждение ТТЗ.

КТ-2 соотносена с экспертизой установленных на этапе разработки эскизного проекта принципиальных (конструктивных, схемных) решений, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделий РК.

КТ-3 соответствует завершению работ по этапу разработки технического проекта (ТП), который предусматривает изготовление и испытание макетов, рассмотрение и утверждение проекта, т.е. содержит окончательное техническое решение, дающее полное представление об устройстве РК и исходных данных для разработки комплекта рабочей документации. На данном этапе производится технико-экономическое обоснование предлагаемых технических решений. Исходной информацией для контрольного анализа служат пояснительная записка, ожидаемые технико-экономические показатели, сведения о технологичности, конкурентоспособности и о потребности в данном РК.

КТ-4. При завершении разработки рабочей конструкторской документации (РКД) для изготовления опытного образца (ОО), на момент получения представителем заказчика уведомления, определяют степень готовности РКД к изготовлению ОО. Информацией для анализа служат комплект РКД на ОО и его составные части, а также проспекты эксплуатационной документации.

КТ-5 соответствует моменту изготовления ОО и окончанию предварительных испытаний. Данной точке предшествует подготовка опытного производства, разработка технической и эксплуатационной документации, корректировка РКД и технической документации (ТД) на литературу «О» и непосредственно сами предварительные испытания. Соответственно, по результатам этого отрезка ЖЦ определяется степень готовности ОО к проведению государственных испытаний (ГИ).

КТ-6 соответствует окончательному утверждению РКД для организации промышленного производства РК по результатам проведения ГИ ОО, включая работы по оформлению отчетной документации по ГИ и корректировке РКД, ТД, эксплуатационной документации (ЭД), т.е. на момент завершения разработки научно-технического отчета по опытно-конструкторским работам (ОКР). На данном этапе происходит окончательная отработка изделий и технологического процесса. Здесь формируется трудоемкость, материалоемкость, технологическая себестоимость, проводится технико-экономическое обоснование целесообразности промышленного внедрения нового изделия, расчет цены и экономической эффективности внедрения и эксплуатации нового РК, определяются сроки освоения и предприятие-изготовитель.

Совокупность данных документов и результатов испытаний являются исходной информацией для принятия одного из самых важных управленческих решений на протяжении ЖЦ о возможности принятия РК на вооружение и соответственно о развертывании серийного производства для поставки заказчику;

КТ-7 предусмотрена для аттестации освоенных в производстве изделий РК, в ходе проведения периодических испытаний с учетом результатов их освоения и эксплуатации. Для этого рассматриваются ряд аспектов воспроиз-

водственного процесса, а именно соответствие фактических суммарных затрат плановым и технико-экономическим параметрам проектным документам.

КТ-8 соответствует моменту определения возможности передачи изделий РК заказчику путем контроля выполнения требований технических условий. Обнаруженные в результате опытной и других видов эксплуатации, а также в ходе проведения авторского надзора отклонения фактических характеристик изделий РК от проектных являются отправным моментом для начала работ по сопровождению типовой конструкции РК и созданию модификаций его изделий.

КТ-9. При наступлении морального устаревания или завершения срока службы выпускаемых изделий РК, определенного в соответствии с нормативно-технической документацией, в которой производятся мероприятия по снятию изделий РК с производства, а также оценивается целесообразность поддержания требуемых значений параметров изделий, снятых с производства, но находящихся в эксплуатации. При этом в качестве критериев для принятия управленческого решения выступают объемы производства, технический уровень и производственные затраты, а также наличие обоснованной потребности заказчика в поддержании боеготового состояния изделий РК.

КТ-10. Результаты мониторинга технического состояния изделий РК, осуществляемого в процессе его эксплуатации, обуславливают необходимость принятия решения по выбору целесообразного варианта устранения выявленных несоответствий.

КТ-11 соотнесена с наступлением срока окончания штатной эксплуатации изделий РК, заданного в технической документации. В ней определяют возможность дальнейшего производства, капитального ремонта (модернизации) и целесообразность поддержания параметров эксплуатируемых изделий РК, но снятых с производства.

КТ-12. Физический износ или моральное устаревание обуславливает необходимость снятия изделий РК с эксплуатации и передачи его на хранение или по линии военно-технического сотрудничества. В данный момент целесообразно установить точку анализа, соответствующей моменту окончания программного периода ЖЦ РК, в котором осуществляется оценивание его результатов и принимается решение о его завершении.

В каждой из перечисленных точек возникает задача принятия решения по дальнейшему продолжению ЖЦ [3, 9]. Так, в стандартизированных документах системной инженерии, регламентирующей содержание процессов ЖЦ систем, установлены цели и варианты решений для типовых стадий (этапов), т.е. для каждой стадии (этапа) предполагается 5 альтернативных вариантов решений, среди них: исполнение следующего этапа; продолжение этапа; переход к предыдущему этапу; задержка в исполнении проекта; остановка проекта.

Осуществление выбора, как правило, сопряжено с принятием ошибочного решения и может привести к значительным временным задержкам и перерасходу выделяемых ресурсов. Совершенно очевидно, что в этих условиях должностные лица должны обладать соответствующими количественными оценками каждого альтернативного варианта, полученными по соответствующему методическому обеспечению.

При условии, что заданные в ТТЗ требования к РК обеспечивают необходимую заказчику эффективность его использования по назначению, целевую задачу управления полным ЖЦ можно формализовать следующим образом.

Совокупность требований, предъявляемых заказчиком к РК, образуют N -мерный вектор характеристик $\mathbf{R}$, представленный в виде

$$\mathbf{R}_i = (R_1, R_2, \dots, R_n).$$

Его компонентами могут быть как количественные, так и качественные характеристики. Для упорядочения разобьем компоненты этого вектора на группы

$$\mathbf{R}_i = \left[\begin{matrix} (r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1m}), \\ (r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2m}), \dots, (r_{n1}, r_{n2}, \dots, r_{nm}) \end{matrix} \right].$$

Каждую группу компонентов будем рассматривать как отдельный вектор

$$\mathbf{R}_1 = (r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1m}), \mathbf{R}_2 = (r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2m}),$$

$$\mathbf{R}_n = (r_{n1}, r_{n2}, \dots, r_{nm}),$$

где n — число требований;

m — число компонент требования n .

Любому из компонентов векторов может быть назначен допуск δ_i . Полагая все компоненты векторов нормированными, будем считать, что геометрическую сумму допусков δ_i определяет в соответствующем векторном пространстве, вектор Δ_i .

Если в таком векторном пространстве построить вокруг точки, задаваемой концом вектора $\mathbf{R}_i$, сферу радиуса $|\Delta_i|$, то эта сфера определит область допустимых значений характеристик (рис. 3). В свою очередь, векторы $\mathbf{Q}_1, \mathbf{Q}_2, \dots, \mathbf{Q}_n$ отражают фактические характеристики РК достигнутые на конкретном этапе ЖЦ и представляются также в виде вектора той же размерности, что и соответствующий вектор $\mathbf{R}_i$. Компоненты вектора $\mathbf{Q}_i$ имеют ту же природу, что и компоненты вектора $\mathbf{R}_i$, т.е. эти векторы принадлежат одному и тому же пространству.

Иными словами, векторы характеристик образца на этапах ЖЦ РК будут иметь вид

$$\mathbf{Q}_i = \left[\begin{matrix} (q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1m}), \\ (q_{21}, q_{22}, \dots, q_{2m}), \dots, (q_{n1}, q_{n2}, \dots, q_{nm}) \end{matrix} \right]$$

и соответственно

$$\mathbf{Q}_1 = (q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1m}), \mathbf{Q}_2 = (q_{21}, q_{22}, \dots, q_{2m}),$$

$$\mathbf{Q}_n = (q_{n1}, q_{n2}, \dots, q_{nm}).$$

Заданные заказчиком требования и их фактические значения на этапах ЖЦ РК образует некоторую величину рассогласования по всем характеристикам

$$\varepsilon_1 = \sum_{n=1}^n \sum_{m=1}^m (r_{1m} - q_{1m}),$$

$$\varepsilon_2 = \sum_{n=1}^n \sum_{m=1}^m (r_{2m} - q_{2m}),$$

$$\varepsilon_i = \sum_{n=1}^n \sum_{m=1}^m (r_{nm} - q_{nm}).$$

В этом случае меру удовлетворенности заказчика можно оценить нормой вектора разности $\mathbf{R}$ и $\mathbf{Q}$. Для образцов РК, выпускаемых серийно, $\bar{Q} = \bar{Q}$, где $\bar{Q}$ — среднее значение вектора $\mathbf{Q}$ по всему массиву выпущенных комплектов РК

$$\varepsilon = \mathbf{R} - \mathbf{Q}.$$

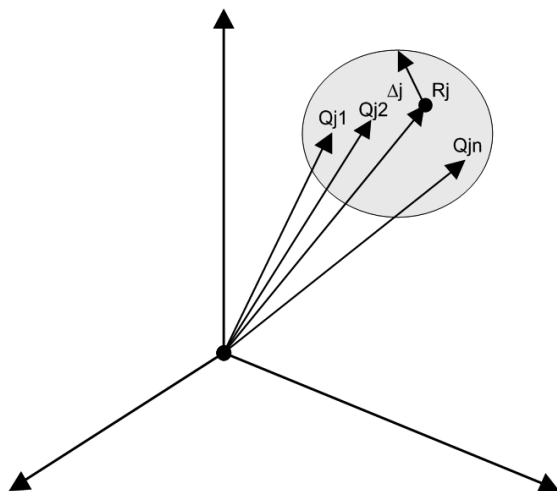


Рис. 3. Геометрическая интерпретация целевого управления ЖЦ РК

Таким образом, в задачу СУ ПЖЦ РК на этапах создания входит такое управление, которое обеспечивает минимально допустимое рассогласование заданных характеристик R_i и фактических значений характеристик Q_i изделий РК,

$$\sum_i \varepsilon^2 = \sum_i (R_i - Q_i)^2 \rightarrow \min.$$

Именно такое управление создает необходимые предпосылки для раннего выявления несоответствия РК требованиям заказчика и предотвращения экономических издержек в эксплуатации.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что в среднесрочной и долгосрочной перспективе создание системы управления полным жизненным циклом для РК, как и любого другого высокотехнологичного изделия военной техники, является единственно возможным способом достижения целевых показателей эффективности.

Литература

1. Гасюк Д.П. Типологизация факторов, обуславливающих создание системы управления полным жизненным циклом ракетного комплекса Сухопутных войск / Д.П. Гасюк, В.А. Дубовский, Н.И. Дубовская // Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XXIII ВНК РАРАН. 2020. Т. 4. С. 108–115.
2. Надежность и эффективность в технике: Справочник: Н17 В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авду-

евский (пред.) и др. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общей редакцией В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. — М.: Машиностроение. 1988. 328 с.

3. Половинкин В.А. Системный подход к оценке жизненного цикла вооружения ВМФ и методы его реализации / В. Половинкин, А. Дышкантюк // Морской сборник. 2009. № 7 (1949). С. 23–28.

4. Григин Н.В. Организация системы закупок вооружения и военной техники для министерств обороны ведущих стран НАТО / Н.В. Григин // Труды Крыловского государственного научного центра. — СПб: ФГУП «Крыловский государственный научный центр». 2017. № 2 (380). С. 148–160.

5. Анализ состояния исследований проблем управления жизненным циклом искусственно созданных объектов / Б.В. Соколов, А.И. Птушкин, А.В. Иконникова и др. // Труды СПИИРАН. 2011. № 1 (16). С. 37–109.

6. Кежаев В.А. Обоснование решений в задачах целераспределения с использованием инновационных технологий дискретного программирования / В.А. Кежаев, В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2012. № 2 (72). С. 97–103.

7. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели / Е.В. Судов. — Москва: ООО Издательский дом «МВМ». 2003. 264 с.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021612614 Российская Федерация. Концептуальная модель оценивания эффективности управления жизненным циклом вооружения и военной техники по контрольным точкам: № 2021611419: заявл. 08.02.2021; опубл. 19.02.2021 / В.А. Дубовский, Н.И. Дубовская.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619073 Российская Федерация. Программный модуль поддержки принятия решения по результатам этапа жизненного цикла сложной технической системы военного назначения: № 2020617663: заявл. 14.07.2020; опубл. 10.08.2020 / В.А. Дубовский, Н.И. Дубовская.