

О концепции управления жизненным циклом изделий

В последние пару лет в лексиконе специалистов появился термин "управление жизненным циклом продукции"¹. В статье формулируются основные положения этой концепции применительно к сложным машиностроительным изделиям, в том числе военного и двойного назначения, а также анализируется состав технологий, применимых для ее реализации.

Одним из побуждающих факторов к развитию системного подхода к вопросам, связанным с жизненным циклом продукции ОПК, стал Указ Президента РФ N 603 от 7 мая 2012г. "О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса", в котором была поставлена задача реализации качественно нового подхода к организации процессов жизненного цикла вооружения, военной и специальной техники: «от ... моделирования и проектирования до серийного выпуска, обеспечения эксплуатации и дальнейшей утилизации,... на основе новейших подходов и технологий"².

Под жизненным циклом изделия в общем случае понимается последовательное изменение состояния изделия: от момента его создания - до окончания использования по назначению и утилизации [ГОСТ РВ 51540-2005 Военная техника. Термины и определения]. Эти изменения происходят в рамках соответствующих процессов: определения требований к изделию, разработки изделия, создания опытных образцов, серийного производства изделий, их эксплуатации и утилизации. Все эти процессы осуществляются разными субъектами: конструкторскими бюро, производственными предприятиями, эксплуатирующими организациями и другими организациями, взаимодействующими друг с другом, причем зачастую не самым эффективным образом. Несовершенство такого взаимодействия снижает эффект от создания и применения изделий, что заставляет потребителей (как государство, так и коммерческие организации) задуматься о необходимости совершенствования самой концепции ЖЦ изделия, с тем чтобы не только создавать изделия с характеристиками, максимально соответствующими потребностям, но и поддерживать эти характеристики в ходе всего ЖЦ.

Для этого необходимо совершенствование существующих и развитие новых технологий (инструментов и методов), обеспечивающих четкое и однозначное задание требований к изделию, контроль выполнения этих требований на стадии создания и физической реализации изделия, а затем поддержание заданных свойств и характеристик изделия в ходе его использования по назначению.

Причем речь идет не только и не столько о технических характеристиках изделия, определяемых прежде всего его конструкцией, сколько об эксплуатационно-технических

¹ В некоторых документах касающихся военной техники используется термин "управление полным жизненным циклом"

² Указанное целеполагание было детализировано двумя решениями Военно-промышленной комиссии, утвердившими общую концепцию и план работ в данном направлении. Чуть позже был разработан ряд Положений Министерства обороны РФ, определяющих базовые положения нового подхода.

экономических характеристиках изделия, о всей программе создания и применения изделия, например, о величине общих затрат на разработку и производство изделия, обеспечение его эксплуатации, о доле времени пребывания парка изделия и его конкретных экземпляров в состоянии выполнять задачи в соответствии со своим назначением (показатели готовности), о суммарном технико-экономическом эффекте от создания и применения изделия.

С этой целью внутри процессов ЖЦ изделия, выделяется, а там, где она не была должным образом формализована - добавляется деятельность по управлению свойствами и характеристиками изделия на всех стадиях его ЖЦ.

Можно предложить следующее определение: «управление жизненным циклом изделия - особая деятельность на стадиях разработки, производства, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия, осуществляемая субъектами управления путем воздействия на конструкцию изделий, производственную среду, систему технической эксплуатации и собственно физические экземпляры изделий с целью повышения эффекта от создания и применения изделия, при максимально возможном снижении стоимости его ЖЦ».

Такое управление в общем случае включает в себя:

- установление значений контрольных параметров/метрик в predetermined контрольных точках в процессах жизненного цикла;
- сбор / анализ информации и измерение значений контрольных параметров;
- реализацию управляющих воздействий.

Управление осуществляется циклически на основе обратных связей, образуемых за счет сбора информации и оценки значения контрольных параметров.

В реальной жизни управление жизненным циклом тесно интегрировано в деятельность по разработке, производству и эксплуатации изделия и его выделение в отдельный подвид осуществляется условно, исключительно для удобства анализа и формирования необходимого методического, нормативного и технического инструментария³.

Элементы подобного подхода можно увидеть в смежных областях, например в концепции менеджмента качества (ИСО 9000) - это идеи "прослеживаемости" характеристик изделий и управления несоответствующей продукцией и т.д. Однако концепция управления ЖЦ развивает эти идеи и вносит множество важных деталей, требующих, в том числе, уточнения и детализации как собственно модели ЖЦ, так и системы отношений между субъектами процессов ЖЦ и управления ЖЦ.

В чем заключаются эти отличия и уточнения? Прежде всего, необходимо отметить, что изделие рассматривается одновременно в двух контекстах. В первом - как совокупность информации, необходимой для изготовления изделия (зафиксированной, например, в форме конструкторско-технологической документации)⁴. Во втором - изделие рассматривается как

³ Желательно не путать два понятия: «реализация или обеспечение процессов жизненного цикла» - это собственно проектирование и конструирование изделия, технологическая подготовка, производство, эксплуатация и утилизация изделия и «управление жизненным циклом изделия» - это управленческая деятельность, связанная с достижением целей создания и применения изделия, в т.ч. с управлением характеристиками изделия на всех стадиях его ЖЦ (см. определение выше).

⁴ в авиационной промышленности применяется термин "типовая конструкция" - т.е. сертифицированная конструкция воздушного судна, на которую выдан сертификат типа".

физический объект (физический экземпляр). Экземпляры изделия создаются на основе комплекта утвержденной конструкторской (технологической) документации и далее их "жизнь" происходит параллельно существованию комплекта утвержденной документации. В ходе деятельности, называемой сопровождением документации, в нее вносятся изменения и улучшения, связанные с совершенствованием конструкции и технологии изготовления, изменениями в производственной среде, изменениями на рынке покупных изделий и материалов. Эти изменения в документации могут отражаться на уже эксплуатируемых изделиях, например, посредством указаний о плановых доработках, указаний о замене комплектующих изделий одного вида на другой в ходе планового технического обслуживания, указаний об изменениях в технологии обслуживания.

Оба контекста существуют одновременно, причем, деятельность по управлению ЖЦ затрагивает оба и оперирует одновременно и информацией о конструкции (технологии изготовления) изделия, так и информацией о конкретных, физических экземплярах изделия (их особенностях, наработке, выявленных неисправностях, выполненных работах по обслуживанию и т.д.).

События одного контекста проецируются на события другого. Это обстоятельство, а также необходимость формализации набора контрольных точек (контрольных рубежей) внутри процессов ЖЦ, требуют значительной детализации модели жизненного цикла по сравнению с моделью, определенной в действующих нормативных документах (например в СРПП ВТ).

На рисунке 1 представлен один из возможных вариантов такой детализированной модели для изделия военной техники, предусматривающей расширенный набор контрольных рубежей (от КР0 до КР17). Представленная модель имеет последовательно-параллельный характер, что следует из необходимости рассмотрения изделия одновременно в двух контекстах, упомянутых выше. Так, например, сопровождение конструкторской и технологической документации осуществляется разработчиком и изготовителем параллельно серийному изготовлению изделий, а совершенствование системы технической эксплуатации - параллельно эксплуатации.

Для осуществления управления ЖЦ требуется специализированный набор управленческих, инженерных и информационных технологий, необходимый для решения основных типов задач: обоснования и установления требований, измерения достигнутых значений, осуществления управляющих воздействий. Более подробно они будут рассмотрены ниже.

Еще одной важной особенностью рассматриваемой концепции является многовариантность распределения задач и подзадач управления ЖЦ между участниками процессов. При этом отношения между участниками могут устанавливаться на длительный период, в т.ч. в рамках так называемых контрактов "жизненного цикла" и долгосрочной программы мероприятий жизненного цикла.

Как мы видим, в отличие от концепции информационной поддержки ЖЦ изделия, нацеленной в основном на организацию интегрированной информационной среды для участников процессов ЖЦ, концепция УЖЦ предполагает системное управление характеристиками изделия на всех стадиях его ЖЦ:

На стадии формирования требований к продукту - эта деятельность осуществляется путем формализации этих требований и контроля их совместимости (непротиворечивости), а также их согласованного изменения/обновления при возникновении объективной необходимости/изменения потребностей потребителей;

На стадии разработки - путем контроля того, что установленные требования действительно реализуются выбранными конструкторскими решениями. При установлении объективной невозможности выполнения требований они должны быть скорректированы в установленном порядке;

На стадии производства - путем контроля фактического достижения показателей и характеристик, установленных в конструкторской документации;

На стадии эксплуатации - путем измерения значений заданных показателей (например, надежности, эксплуатационной технологичности, затрат и т.д.), контроля их изменения во времени (например вследствие деградации свойств составных частей, изменения рыночных цен и т.д.) и, как сказано выше, путем воздействия на конструкцию изделия, производственную среду и/или систему эксплуатации.

Рассмотрим возможный состав комплекса технологий, применимых для управления ЖЦ.

К первой группе следует отнести технологии прямо связанные с требованиями - это управление требованиями и управление конфигурацией.

Вторую группу составляют технологии связанные с обеспечением ЭТХ изделия и целевых показателей программы создания и применения изделия в целом.

К третьей группе можно отнести "обеспечивающие" технологии, к числу которых можно отнести технологии проектного управления и управления данными об изделии.

Технологию управления требованиями применяют для документирования требований, оценки их выполнения, «прослеживаемости» изменений требований и взаимного согласования требований разного уровня и к разным СЧ изделия, с целью обеспечения и контроля соответствия этим требованиям на всех этапах и стадиях ЖЦ. Требование – это заданное количественное или качественное значение определенной характеристики изделия. Для сложного изделия такой набор составляет сотни или даже тысячи позиций. При этом требования логически взаимосвязаны и изменение одного влечет к изменению другого. Именно это обстоятельство требует применения специального инструментария и методик для описания и далее согласованного изменения (при необходимости) требований, а главное – для последующего контроля их выполнения на стадии разработки, изготовления и обеспечения эксплуатации.

В ходе формализованного описания требования необходимо классифицировать и структурировать по разным признакам. Целесообразно выделять требования, относящиеся к изделию в целом, а также требования, связанные с выполнением отдельных функций изделия.

Управление требованиями, как правило, осуществляют с использованием специализированных программных средств, позволяющих представить совокупность требований к изделию в виде части интегрированной информационной модели изделия, логически увязанной с другими частями такой модели (конструкторско-технологической, производственной и другими).

Технология управления конфигурацией - это совокупность приемов, нацеленных на решение следующих трех задач:

- первая из них - реализация концепции модульного проектирования, путем выделения в конструкции логически самостоятельных «единиц» или «блоков», комбинация которых образует различные варианты конструкции (конфигурации). Эти «единицы» называются объектами конфигурации и имеют уникальные обозначения. Современные программные средства

управления объектами конфигурации позволяют формировать из них различные множества на основе формальных правил («вариантных правил» или «правил применяемости»), базирующихся на разных условиях (номера изделий, календарные даты, формальные обозначения целевых конфигураций и т.д.).

- вторая задача – это управление изменениями способом, минимизирующим риск возможной ошибки. Для этого изменения классифицируют на группы: 1 - изменения локализованные внутри конкретного объекта конфигурации (т.н. «простые» изменения) и 2 - выходящие за границы объекта конфигурации («сложные» или «важные»). Для второго случая вводится особая процедура анализа возможных последствий такого изменения и рисков ухудшить другие важные характеристики изделия или нарушить его работоспособность в целом. Для реализации такой процедуры создаются особые организационные структуры (совет по конфигурации), включающие ведущих специалистов и руководителей.

- третья задача - облегчение формальной проверки соответствия полученных конструкторских решений заданным требованиям (см. управление требованиями), а затем - соответствия опытного или серийного образца – конструкторской документации, а еще дальше – физических свойств экземпляра в ходе его эксплуатации – и заданным требованиям и конструкторской документации.

Помимо управления отдельными требованиями и характеристиками выделяют особую группу задач, связанную с контролем и достижением отдельных особо важных показателей (целевых критериев эффективности - ЦКЭ), таких например как стоимость жизненного цикла.

Такое управление включает в себя:

- нормирование и выбор проектных решений, удовлетворяющих установленным ограничениям - например, "проектирование под заданную стоимость жизненного цикла (СЖЦ);

- обоснование и реализацию мероприятий на стадии эксплуатации (в рамках работ по технической эксплуатации изделия), обеспечивающих приемлемый уровень технической готовности, эксплуатационных и иных затрат;

- мониторинг затрат, связанных с реализацией ЖЦ на всех стадиях и этапах, разработка мер по оптимизации ТТХ, ЭТХ и СЖЦ.

Технологии интегрированной логистической поддержки применяют для формирования и обеспечения эффективного функционирования системы технической эксплуатации. Эту деятельность осуществляют на всех стадиях и этапах ЖЦ, начиная со стадии аванпроекта и вплоть до утилизации с целью обеспечения заданных ЭТХ изделий при приемлемой СЖЦ.

Создание системы технической эксплуатации (СТЭ) является составной частью процесса создания изделия. СТЭ включает в себя регламенты и технологии сохранения свойств изделия в ходе его использования по назначению. Эти работы обычно составляют значительный вклад в общую стоимость ЖЦ. В ходе формирования СТЭ фактически формируется приемлемый баланс между готовностью изделия (более высокая надежность, более высокая цена, но меньший объем обслуживания и ремонта на стадии эксплуатации) и стоимостью поддержания изделия в заданной степени готовности на стадии эксплуатации. Системообразующей частью ИЛП является анализ логистической поддержки, суть которого заключается в создании математической модели изделия и его СТЭ и проведении с ее использованием комплекса исследований по выбору наилучших конструкторско-технологических решений. Такая модель (база данных АЛП) описывает возможные

сценарии использования изделия, структуру изделия и функции, выполняемые изделием в целом и его составными частями, потенциальные отказы и их взаимное влияние, предполагаемые работы по предотвращению и устранению отказов и неисправностей, включая потребности в различных ресурсах, необходимых для выполнения таких работ.

Полученная модель позволяет формировать обоснованные решения по ТЭ, а также получить расчетные оценки ожидаемых показателей готовности и затрат, связанных с технической эксплуатацией. В ходе эксплуатации появляются новые данные, связанные с изделием и его эксплуатацией. Эти данные используются для уточнения БД АЛП и параметров СТЭ соответственно.

На основе результатов ИЛП осуществляется другой смежный вид деятельности - **собственно обеспечение и управление технической эксплуатацией**. Этот вид деятельности требует собственных методик и инструментов, что и позволяет отделить его от ИЛП, хотя ИЛП остается для управления ТЭ главным источником информации.

Новизну при реализации управления и обеспечения ТЭ составляют новые подходы основанные на новой системе отношений с заказчиком, когда предметом контракта являются комплекс услуг нацеленных на обеспечение интегральных показателей, таких как готовность и затраты. В современной зарубежной литературе такой подход называется «Performance Based Logistics» или обслуживание с нормированным показателем конечного результата.

Еще одной важнейшей технологией управления, также влияющей на возможность эффективно эксплуатировать изделие, является **технология управления номенклатурой устаревающих покупных комплектующих изделий**.

В ходе эксплуатации одно или несколько покупных изделий могут исчезнуть с рынка или стать недоступными на приемлемых условиях. В эпоху глобальной кооперации эта проблема требует особого рассмотрения и решения путем: а) модульного проектирования, обеспечивающего сравнительно безболезненное изменение конструкции изделия; б) использования в конструкции покупных изделий, имеющих множество функционально эквивалентных реализаций и, соответственно, множество поставщиков; в) создания запасов, гарантирующих удовлетворение потребностей в данном виде ПКИ в течение заданного периода времени; г) организации лицензионных производств и другие методы. Особую сложность представляет проблема устаревания применительно к программным изделиям, ввиду быстрой сменяемости версий ПО и программных платформ.

Завершает список базовых технологий управления ЖЦ **технологией управления данными об изделии на всех стадиях его ЖЦ** с использованием специализированных информационных систем PDM. Управление данными об изделии - стержень для реализации рассмотренных выше технологий и функциональной интеграции решаемых задач. Управление данными базируется на комплексе математических и информационных моделей конструкции изделия и его составных частей, модели системы его ТЭ. Указанные модели формируют и поддерживают в актуальном состоянии, начиная с ранних этапов и стадий ЖЦ для использования на протяжении всего ЖЦ вплоть до утилизации всех экземпляров изделия данного типа.

В заключение подчеркнем еще раз важную мысль. Элементы системного подхода (применительно к изделиям сложным и имеющим длительный ЖЦ) существовали и ранее. Примерами являются программы обеспечения надежности, качества, сквозные программы разработки и т.д.

Однако комплексное применение указанных подходов в рамках единой программы управления ЖЦ - это очередной и значимый шаг вперед в развитии системного подхода к ЖЦ на основе новых технологий.

Совершенно очевидно, что рассматриваемая концепция имеет собственную область рационального применения, в которой она дает особый эффект. Но эту задачу еще предстоит решить.

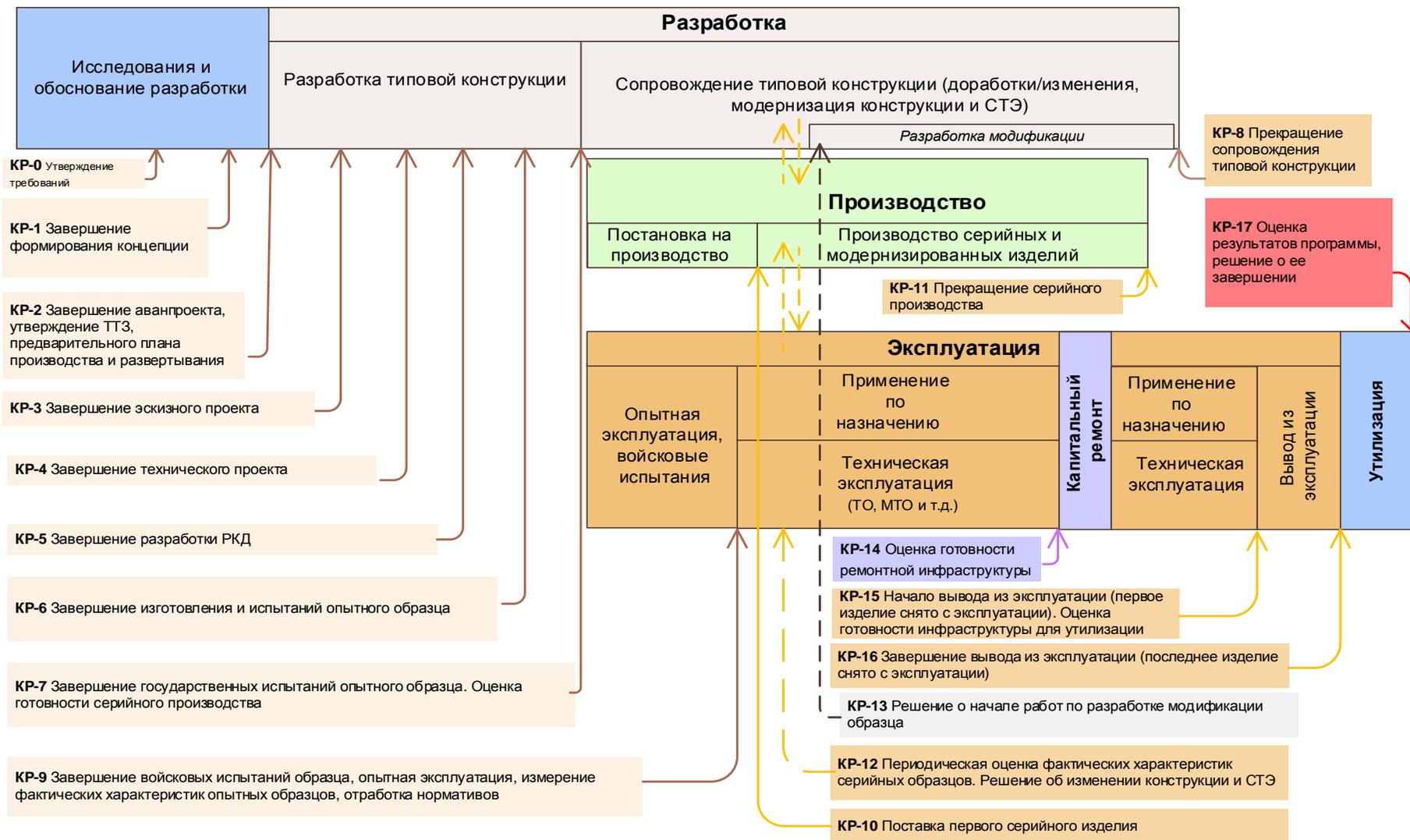


Рис.1 Модель процессов ЖЦ с набором контрольных рубежей