

УДК 658.512.2+004.89

# О МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВАХ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**В.К. Батоврин**

*МИРЭА – Российский технологический университет*  
Россия, 119454, Москва, проспект Вернадского, 78  
E-mail: [batovrin@mirea.ru](mailto:batovrin@mirea.ru)

**Ключевые слова:** управление жизненным циклом, модель жизненного цикла, концепция жизненного цикла, целевая система, функциональная архитектура.

**Аннотация:** Выделены ключевые задачи управления жизненным циклом (ЖЦ) на промышленном предприятии. В контексте решения этих задач обсуждаются предмет управления ЖЦ, принципы управления ЖЦ, концепции ЖЦ и моделирование ЖЦ. Рассмотрена взаимосвязь между подходом ЖЦ и архитектурным подходом.

## 1. Введение

Для успешного управления предприятием в целом необходимо решить задачу управления жизненным циклом (ЖЦ) систем, создаваемых этим предприятием. При управлении ЖЦ подобных систем, которые мы согласно сложившейся в системной инженерии практике будем называть целевыми системами (ЦС), в центре внимания всегда находятся трансформации, которые ЦС претерпевает на протяжении ЖЦ [1,2]. Эти трансформации принято связывать с постепенным повышением степени материализации ЦС по мере ее развития на протяжении ЖЦ, а также с уменьшением степени неопределенности в описании ЦС [3]. Причем, концепции ЖЦ, принятые предприятием, используются в качестве базиса при оценке и выборе решений, относящихся к ЦС, а при описании ЦС за основу берется архитектурный подход [3-5]. В качестве цели управления ЖЦ ЦС принято выбирать те или иные экономические показатели, привязанные, как правило, к полному ЖЦ создаваемой системы. Например, процесс инженерии ЖЦ (Life Cycle Engineering), рекомендованный Федеральной авиационной администрацией США (Federal Aviation Administration - FAA), направлен на максимизацию ценности продукции при условии минимизации стоимости владения в течение срока ее службы [6]. Таким образом, системная инженерия связывает решение задачи успешного управления ЖЦ ЦС с выбором и дальнейшей реализацией такой системной архитектуры, которая при воплощении в конечной продукции позволит обеспечить достижение технических и экономических показателей, относящихся к полному ЖЦ ЦС, и определенных на уровне предприятия с участием всех заинтересованных сторон (ЗС).

Рассмотрим промышленное предприятие, занятое созданием сложных инженерных объектов. Отечественные традиции создания сложных технических систем несколько отличаются от тех, которые сложились в системной инженерии. Так в стандарте ГОСТ Р 56136-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения», при определении понятия *управление ЖЦ* акцент сделан на обеспечении заданных требований к продукции и внесении изменений в образцы про-

дукции на отдельных стадиях ЖЦ. В стандартах комплексов ГОСТ 15 и ГОСТ 34 речь идет только о выделении на определенных этапах ЖЦ требований к функциям (задачам), выполняемым ЦС. Вопросы управления ЖЦ продукции или автоматизированной системы, проблематика формирования и применения концепций ЖЦ, а также задачи описания архитектуры сложных инженерных объектов в этих документах не затрагиваются.

В подобных условиях имеется настоятельная необходимость обсуждения концепций, принципов, методик и практик управления ЖЦ применимых в условиях промышленного предприятия, создающего сложную инженерную продукцию. Кроме того, следует учитывать, что любая вновь создаваемая или адаптируемая методика управления ЖЦ должна учитывать сложившуюся в нашей стране практику использования ТТЗ/ ТЗ, технических условий, программ и методик испытаний и других документов при создании сложных инженерных объектов. Представляется, что при обсуждении указанной проблематики в центре внимания должны находиться следующие задачи:

- достижение консенсуса при определении понятия управление ЖЦ системы, где система воплощается в виде продукции, создаваемой предприятием или группой предприятий;
- выявление и закрепление ключевых концепций и принципов, необходимых предприятию для налаживания эффективного управления ЖЦ;
- формирование рекомендаций по определению/ адаптации модели и процессов жизненного цикла системы, отвечающих нуждам предприятия;
- формирование рекомендаций по комплексному, согласованному применению подхода ЖЦ и архитектурного подхода, в контексте налаживания эффективного управления ЖЦ;

В докладе предпринята попытка дать рекомендации по решению этих задач.

## 2. Что такое управление жизненным циклом?

Еще в 2011 году авторы работы [7] указывали, что принципиальные научно-методические вопросы организации управления ЖЦ в целом, а не в отдельных его аспектах, практически оказались вне поля зрения специалистов, которые сосредоточили основные усилия на разработке прикладных технологий, подобных CAD, CAM, PDM и др., а также на интеграции этих технологий в единое информационное пространство. По нашему мнению состояние дел в этой области с тех пор практически не изменилось.

Далее под управлением ЖЦ системы мы будем понимать функцию предприятия (организации), направленную на устойчивое поддержание *баланса интересов ключевых заинтересованных сторон* в контексте развития ЦС от замысла до прекращения использования [8]. С учетом сказанного в качестве основных задач управления ЖЦ выделим определение, сопровождение и обеспечение гарантированной доступности политик, процессов и моделей ЖЦ, а также процедур, пригодных для использования предприятием в интересах снижения рисков при принятии управленческих решений, связанных с реализацией проектов по созданию систем. Отсюда следует, что важнейшими результатами успешного управления ЖЦ систем следует считать наличие у предприятия:

- моделей и процессов ЖЦ, адаптированных к его условиям;
- концепций ЖЦ, пригодных для непосредственного использования;
- политик принятия решений в контрольных точках модели ЖЦ;

- систем обеспечения процессов ЖЦ, позволяющих реализовать методы управления ЖЦ, приемлемые с точки зрения предприятия и других ЗС.

При этом ключевым принципом управления ЖЦ является верификация и валидация ЦС с использованием цикла «синтез-анализ-оценка» [9]. Указанные процедуры проверки соответствия выполняются пошагово, с учетом требований и критериев, установленных в каждой из контрольных точек принятой модели ЖЦ ЦС. Причем, сценарии действий в контрольных точках должны рассматриваться в качестве неотъемлемой части модели ЖЦ, и учитывать все возможные варианты результатов оценки.

Отметим, что приведенное нами определение понятия *управление жизненным циклом* отличается от определений, содержащихся в стандарте ГОСТ Р 56136-2014 и в Руководстве по системной инженерии Федеральной авиационной администрации США (FAA), упомянутых ранее.

Более подробно указанные различия будут проанализированы в докладе.

### 3. Концепции жизненного цикла

Концепции ЖЦ это документально зафиксированные, конкретно и недвусмысленно сформулированные представления или понятия, относящиеся к ЖЦ, и необходимые для создания, оценки и выбора вариантов ЦС с учетом деловых потребностей предприятия. Концепции ЖЦ определяются на уровне предприятия с учетом интересов ЗС, и отражают важнейшие аспекты деятельности предприятия, такие как, приобретение, развертывание, использование, сопровождение систем и т.п. Концепции ЖЦ конкретизируются в той степени, которая необходима с учетом принятой на предприятии политики управления проектными рисками. После принятия концепции ЖЦ используются в качестве основы при описании архитектуры ЦС, а также для интерпретации требований к ЦС. Для удобства работы можно выделить общие и частные концепции ЖЦ. Общие концепции ЖЦ определяются с точки зрения предприятия и позволяют в целом описать поведение ЦС во взаимодействии с окружением, включая системы обеспечения. К общим концепциям ЖЦ можно отнести - концепцию приобретения, концепцию развертывания, концепцию использования, концепцию сопровождения и концепцию вывода из эксплуатации. Частные концепции ЖЦ определяются, как правило, с точки зрения проекта и позволяют описать ЦС в привязке к отдельным стадиям ЖЦ и/ или отразить ключевые аспекты деятельности на этих стадиях. К частным концепциям ЖЦ можно, в частности, отнести концепцию реализации и концепцию эксплуатации.

При рассмотрении общих концепций ЖЦ следует выделить концепцию использования системы (System Operational Concept - OpsCon). В стандарте ISO/IEC/IEEE 29148 OpsCon определяется как документ, содержащий описание поведения системы и обоснование такого поведения [10]. Причем, концепция использования принципиально не содержится описания способов достижения планируемого результата. Концепция использования это документ, ориентированный в первую очередь на пользователя системы, т.е. в нем описываются возможности ЦС, которые должны быть предоставлены системой с точки зрения пользователя. После составления и утверждения OpsCon на протяжении ЖЦ используется на уровне предприятия и/ или проекта для предоставления информации и согласования позиций приобретателей, пользователей, поставщиков и других ЗС в отношении количественных и качественных характеристик ЦС.

Формирование концепций ЖЦ невозможно в отрыве от сценариев, фиксирующих цепочку взаимосвязанных событий, имеющих отношение к различным аспектам развития ЦС на протяжении ЖЦ. В частности, сценарии функционирования позволяют вы-

делить все возможные режимы функционирования ЦС, повысить наглядность их описания, а также облегчить определение показателей назначения.

К сожалению, полезная роль концепций ЖЦ и сопутствующих сценариев в управлении ЖЦ не осознана в должной мере отечественными специалистами. Небольшой опыт использования сценариев, накопленный ими в сфере управления ЖЦ ИТ-решений, не может быть перенесен в сферу промышленного производства без существенной переработки.

## 4. Модель жизненного цикла

Моделирование ЖЦ предполагает два этапа – этап построения модели ЖЦ и этап наполнения этой модели адаптированными процессами ЖЦ.

Под моделью ЖЦ мы понимаем концептуальную основу процессов и действий, связанных с ЖЦ, которая служит в качестве базиса для налаживания общения и достижения взаимопонимания. Модели ЖЦ и процессы ЖЦ определяются предприятием в результате успешной реализации процесса управления моделью ЖЦ [1]. При разработке модели ЖЦ следует учитывать стратегические планы, политики и цели, которыми руководствуется предприятие при управлении проектами на протяжении полного ЖЦ ЦС. Таким образом, модель ЖЦ определяется на предприятии в результате совместных, скоординированных усилий руководителей проектов и системных инженеров. Для руководства и управления деятельностью по разработке моделей ЖЦ специалистам этих двух направлений полезно разработать нормативный документ, содержащий описание планов, политик, процедур, методик адаптации, моделей, методов и инструментов, необходимых предприятию для успешного моделирования. Помимо определения стадий и процессов ЖЦ в результате разработки модели ЖЦ должны быть выявлены роли, ответственности, полномочия, требования, меры и критерии оценки результатов, привязанные к стадиям и этапам ЖЦ. Полезные рекомендации по моделированию ЖЦ в целом, а также по моделированию отдельных стадий и этапов ЖЦ представлены в стандарте ISO/IEC/IEEE 24748 и других стандартах этой группы [11].

При наполнении построенной модели процессами ЖЦ предприятию необходимо решить две основных задачи – определить совокупность процессов ЖЦ, необходимых предприятию и определить/ выбрать принципы их описания и моделирования.

При решении первой задачи удобно взять за основу семейство стандартных процессов ЖЦ, которые в дальнейшем предполагается использовать как образцовые процессы ЖЦ [12]. В качестве образцовых могут быть приняты, например, процессы, описанные в стандартах ISO/IEC/IEEE 15288 [1] и ANSI/EIA 632 [13]. Отметим, что эти стандарты предусматривают возможность адаптации описанных в них процессов к условиям проектов, реализуемых предприятием. Что касается принципов описания и моделирования процессов ЖЦ, то и здесь за основу удобно взять рекомендации указанных стандартов. Кроме того, после выбора и начала использования процессов ЖЦ предприятию придется наладить процедуру оценки зрелости этих процессов. Здесь в качестве основы годится подход к оценке зрелости процессов, рекомендованный институтом CMMI [14].

## 5. Описание функциональной архитектуры

При создании сложных инженерных объектов системная инженерия предполагает комплексное, согласованное применение подхода ЖЦ и архитектурного подхода [3, 4].

Главное достоинство архитектурного подхода в том, что он позволяет получить глобальное общее решение, базирующееся на принципах, концепциях и свойствах, логически связанных и согласованных друг с другом. Сложившаяся у нас инженерная практика не рассматривает архитектурный подход в контексте гармонизации с подходом ЖЦ и не предусматривает использования архитектурного подхода при создании технических систем. Такое положение заметно усиливает риски при реализации инженерных проектов. Примеры подобных рисков будут проанализированы в докладе.

В контексте решения задач согласования упомянутых подходов важнейшее значение приобретает описание функциональной архитектуры (ФА). ФА определяет основные особенности и свойства системы, характеризующие ее функционирование в окружающей среде и воплощенные в функциональных элементах системы, отношениях между ними, а также в принципах проектирования и развития системы. Эта архитектура помогает увязать между собой нужды предприятия, функционирующего в своем окружении, с системным решением, согласующимся с принятыми концепциями ЖЦ, а также получить представление о ЦС как в области проблем, так и в области решений.

В основе разработки ФА лежит процесс функционального анализа, который следует рассматривать как составную часть процесса системного анализа, описанного в составе технических процессов ЖЦ стандарта ISO/IEC/IEEE 15288. К основным результатам функционального анализа можно отнести: выявление, описание и конкретизацию функций системы; определение входов и выходов, необходимых для поддержки и выполнения этих функций; выявление ограничений, способных повлиять на разработку ЦС. Кроме того, функциональный анализ помогает избегать предварительно отобранных решений, поскольку позволяет получить представление о полном наборе функций ЦС. Описание результатов функционального анализа и ФА включает: контекстные диаграммы; иерархическую структуру функций ЦС; описание функциональных потоков, например, с помощью FFBD-диаграмм, а также описание функциональных интерфейсов, например, с помощью N2-матриц. По усмотрению системных инженеров описание ФА может быть расширено.

В докладе будет рассмотрен пример комплексного использования подхода ЖЦ и архитектурного подхода применительно к авиастроительному предприятию.

## 6. Заключение

Сложилась настоятельная необходимость в разработке силами отечественных специалистов современной методики управления ЖЦ сложных инженерных объектов, применимой в условиях промышленного предприятия. В докладе определены и проанализированы положения, которые могут быть использованы в качестве основы при создании такой методики.

## Список литературы

1. ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering. System life cycle processes. <https://www.iso.org/standard/63711.html>
2. ISO/IEC/IEEE 24748-1:2018 Systems and software engineering. Life cycle management. Part 1: Guidelines for life cycle management. <https://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>
3. Benjamin S. Blanchard, John E. Blyler System engineering management. Wiley. 2016. 569 p.
4. C.E. Dickerson, D.N. Mavris Architecture and principles of systems engineering. CRCPress, Taylor & Francis Group, 2010. 498 p.

5. Systems engineering handbook: a guide for system life cycle processes and activities / prepared by International Council on Systems Engineering (INCOSE) / 4th edition. Wiley, 2015. 305 p.
6. FAA Systems Engineering Manual. Ver. 1.1. Federal Aviation Administration. 2015. 356 p.
7. Юсупов Р., Соколов Б., Птушкин А. и др. Анализ состояния исследований проблем управления жизненным циклом искусственно созданных объектов // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 1(16). С. 37-109.
8. Батоврин В.К. Модель управления жизненным циклом систем. // Информатизация и связь. 2014. № 3. С. 107-110.
9. Батоврин В.К. Современная системная инженерия и ее роль в управлении проектами. Часть 2. // Управление проектами и программами. 2015. № 4 (44). С. 276-289.
10. ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering. Life cycle processes. Requirements engineering. <https://www.iso.org/standard/72089.html>
11. ISO/IEC/IEEE 24748-1:2018 Systems and software engineering. Life cycle management. Part 1: Guidelines for life cycle management. <https://www.iso.org/standard/72896.html>
12. Батоврин В.К., Бахтурин Д.А. Управление жизненным циклом технических систем / Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». (Серия докладов в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации»). Санкт-Петербург, 2012. Вып. 1. 59 с.
13. EIA-632A Processes for Engineering a System. / SAE International. 2003. <https://www.sae.org/standards/content/eia632/>
14. Capability Maturity Model Integration, Version 2.0, 2018. <http://cmmiinstitute.com>