

КООРДИНАЦИЯ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА КАК ЭЛЕМЕНТ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.К. Батоврин

МИРЭА - Российский технологический университет
Россия, 119454, Москва, Проспект Вернадского, 78
E-mail: batovrin@mirea.ru

Ключевые слова: система инженерной деятельности, системная инженерия, системный анализ, инженерная система, архитектура системы процессов.

Аннотация: Организация системы инженерной деятельности согласно рекомендациям кибернетики 2.0 предполагает использование в качестве базовых дисциплин теории управления, общей теории систем и системного анализа, а также системной инженерии. В докладе обсуждаются предложения по координации процессов системной инженерии и системного анализа в рамках организации системы инженерной деятельности.

1. Введение

Отечественные образовательные стандарты предусматривают, что по всем направлениям подготовки магистров в области техники и технологий у выпускников должны быть сформированы компетенции в области системного мышления, а также управления проектами на всех этапах жизненного цикла. Отсюда следует, что выпускники инженерной магистратуры, а тем более зрелые специалисты, должны быть способны к осуществлению инженерной деятельности на системной основе, т.е. к организации и развитию системы инженерной деятельности на своих предприятиях.

Вопросы организации систем и управления ими отнесены в [1] к науке, названной кибернетика 2.0. Д.А. Новиков, вводя понятие кибернетики 2.0, характеризует эту дисциплину как науку об общих закономерностях организации систем и управления ими, и фиксирует в ее составе концептуальное ядро и базовые науки, в качестве которых выделяет теорию управления, общую теорию систем и системный анализ, а также системную инженерия. При этом предполагается, что уровень базиса концептуального ядра кибернетики 2.0 формируется в виде целостной совокупности трех указанных базовых дисциплин, между которыми налажено надлежащее взаимодействие.

В работе [2] В.Н. Волкова, определяя системный анализ, характеризует эту дисциплину как одно из наиболее конструктивных направлений системных исследований. При этом она отмечает, что несмотря на разницу во мнениях относительно целей, результатов и средств системного анализа, которая имеется у специалистов, представляющих различные предметные области, системный анализ во всех случаях связан с целеобразованием. С другой стороны, Ф.П. Тарасенко утверждает, что на основе различных вариантов системного анализа в итоге сформировалась

общепризнанная, универсальная методика решения проблем, получившая название прикладной системный анализ [3]. Наконец, развитие системного анализа в контексте решения задач системной инженерии привело к осознанию, что системная инженерия является проблемно-ориентированным, а не технологически-ориентированным подходом, а системный анализ должен выполняться в условиях четкого целеуказания и в контексте развития инженерного решения на протяжении его (решения) жизненного цикла [4].

На начальном этапе становления системная инженерия характеризовалась как системный метод проектирования технических систем большого масштаба [5]. В ходе развития дисциплины сформировалось современное понимание системной инженерии как трансдисциплинарного, комплексного подхода, способствующего успешной разработке, применению и выводу из эксплуатации инженерных систем, на основе использования системных принципов и концепций, а также научно-технических и управленческих методов [6]. Таким образом, в центре внимания современной системной инженерии находятся принципы и концепции использования системного мышления и наук о системах в интересах обеспечения успешного развития инженерного решения (инженерной системы) на всем протяжении его существования от замысла и до прекращения использования. При этом, и здесь мы согласны с Г. Лоусоном [7], важнейшими особенностями подхода системной инженерии являются с одной стороны – налаживание инженерного мышления на языке систем, а с другой – осуществление инженерной деятельности на языке систем. Кроме того, многие современные специалисты рассматривают системную инженерию, как неотъемлемый методологический компонент решения проблем инженерными средствами, см. например, [8, 9]. Иными словами, современная системная инженерия претендует на роль основополагающей, ключевой дисциплины при выстраивании системы инженерной деятельности.

В докладе обсуждаются некоторые аспекты организации системы инженерной деятельности. При этом в центре внимания находится достижение упорядоченности, согласованности процессов инженерной деятельности, в качестве которых рассматриваются процессы жизненного цикла систем, в составе целостного процесса системной инженерии. В основу процесса организации процессов жизненного цикла в систему деятельности предлагается положить процесс определения архитектуры, где в качестве целевой системы фигурирует система инженерной деятельности. Для координации, т.е. обеспечения упорядоченности и согласованного взаимодействия, процессов жизненного цикла предлагается использовать информационные потоки, связанные с функциями, ассоциированными с процессами жизненного цикла. В этом контексте в качестве ключевого элемента организации системы деятельности рассматривается координация процесса системной инженерии и процесса системного анализа. Вопросы взаимодействия системной инженерии и системного анализа с теорией управления в докладе не рассматриваются.

2. Система инженерной деятельности и системная инженерия

Всякая деятельность, в том числе инженерная деятельность, включает в себя цель, средства, результат и собственно процесс деятельности [10]. Таким образом, организованность инженерной деятельности может быть достигнута главным образом за счет надлежащей организации процесса деятельности. В соответствии с определением, принятым в системной инженерии [6], под системой инженерной деятельности следует понимать упорядоченное множество взаимодействующих между собой процессов, которые в совокупности позволяют добиться в ожидаемой

операционной среде одной или нескольких установленных целей при соблюдении принятых ограничений. Операционной средой для системы инженерной деятельности является среда предприятия, реализующего инженерные проекты. Можно предположить, что при построении системы инженерной деятельности в качестве взаимодействующих между собой процессов следует использовать процессы жизненного цикла систем. Абстрактная или потенциальная цель (о классификации целей деятельности см. [10]) создания системы инженерной деятельности заключается в гарантированном осуществлении позитивных изменений, в которых нуждаются более высокоуровневые системы человеческой деятельности. Актуальная или конкретная цель – состоит в гарантированном удовлетворении требований, которые формируются на уровне инженерного проекта и реализуются в виде инженерных систем. Заметим, что упомянутые гарантии, означают лишь гарантированное уменьшение, но не полное исключение, рисков, возникающих в ходе инженерной деятельности.

В системной инженерии имеется практика организации системы инженерной деятельности в виде целостной совокупности взаимодействующих между собой процессов жизненного цикла. Эту целостную совокупность принято называть процессом, а иногда и методом, системной инженерии [11]. Результаты работ по выстраиванию процесса системной инженерии нашли отражение в целом ряде документов, см., например, [6, 12, 13]. Таким образом, системная инженерия представляется единственной дисциплиной, четко ставящей сегодня задачу формирования системы инженерной деятельности и предлагающей для решения этой задачи набор работоспособных методов и инструментов. Другими словами, подход системной инженерии – это подход к выстраиванию системы инженерной деятельности.

В основе подхода системной инженерии к выстраиванию системы инженерной деятельности в форме процесса системной инженерии лежит ряд положений, в частности:

1. Деятельность системного инженера, по существу, есть деятельность по управлению на системной основе развитием инженерного решения (инженерной системы) на протяжении его существования.
2. Развитие инженерных решений на протяжении их жизни характеризуется общими закономерностями, которые отражаются в модели жизненного цикла.
3. Для управления развитием инженерных решений используется процессный подход и, соответственно, процессы жизненного цикла.
4. Модель жизненного цикла подлежит управлению с целью определения, поддержки и оказания помощи в обеспечении доступности политик, процессов жизненного цикла, моделей жизненного цикла и процедур для использования организацией применительно к осуществлению инженерной деятельности.
5. Управление развитием инженерных решений осуществляется на основе оценки результатов развития в привязке к контрольным событиям (точкам принятия решений), выделяемым в составе модели жизненного цикла.
6. Управление развитием инженерных решений воплощается в форме управления изменениями архитектуры как собственно инженерной системы, так и архитектуры системы инженерной деятельности.
7. Системные принципы и концепции, модель жизненного цикла и процессы жизненного цикла используются для налаживания метода/ процесса системной инженерии, который после адаптации к конкретным условиям становится практическим воплощением системы инженерной деятельности.

Процесс системной инженерии нуждается в управлении. В последних версиях основополагающего стандарта системной инженерии ISO/IEC/IEEE 15288 признано,

что за формирование информационной основы, необходимой для управления системной инженерией на всех уровнях системной иерархии (предприятие, инженерный проект, инженерная система), отвечает процесс системного анализа [6, 13].

3. Системный анализ в системе инженерной деятельности

В системной инженерии системный анализ представляет собой систематическое исследование реальной или планируемой инженерной системы с целью формирования прочной информационной основы, необходимой как для достижения взаимопонимания между специалистами, так и для принятия инженерных решений и оценки технических характеристик системы на протяжении полного жизненного цикла. В процессе системного анализа первоочередное внимание уделяется использованию моделей целевой системы и имитационного моделирования в интересах оценки целесообразности и полноты установленных требований к системе, а также оценки архитектуры и конструкции системы. С помощью моделей определяются количественные и качественные (категориальные) переменные, позволяющие охарактеризовать инженерную систему и ее развитие с различных точек зрения. На рис. 1 показаны важнейшие составляющие системного анализа, востребованные в процессе системной инженерии.



Рис. 1. Составляющие системного анализа в процессе системной инженерии.

Ключевой вопрос заключается в том, как интегрировать процесс системного анализа в систему процессов жизненного цикла, составляющих целостный процесс системной инженерии. Общеизвестный ответ на этот вопрос еще не получен, но нам представляется, что надо идти по пути налаживания информационного обмена между функциями, отвечающими за достижение целей отдельных процессов жизненного цикла и процесса системной инженерии в целом. Иными словами, следует первым делом сосредоточиться на построении функциональной архитектуры системы инженерной деятельности. Например, неотъемлемой частью процесса системной инженерии является процесс определения архитектуры системы, который имеет целью формирование альтернативных вариантов архитектуры системы; выделение одной или нескольких альтернатив, позволяющих удовлетворить интересы заинтересованных сторон и требования к системе, а также реализацию полученных результатов в виде согласованных между собой представлений архитектуры и моделей архитектуры [6]. В

этом случае исходной информацией (входом) процесса системного анализа будет выход (результат) процесса определения архитектуры (функции формирование, выделение и реализация), а выходом (результатом) процесса системного анализа будут информация и данные, необходимые для достижения взаимопонимания и принятия решений относительно выбора архитектуры, обеспечивающей максимальную ценность с точки зрения осуществимости, результативности и эффективности, включая технические риски, затраты и критические показатели качества, такие как надежность, экономичность, ремонтпригодность, удобство использования и т.п. В свою очередь, результаты процесса системного анализа в виде данных, информации и аргументов для выбора альтернатив или кандидатов, которые обеспечивают наилучшую ценность для лиц, принимающих решения, подаются на вход процесса управления принятием решений, который в системной инженерии имеет целью обеспечение структурированной аналитической основы для объективного выявления, описания и оценки набора альтернатив в интересах принятия решения на любом этапе жизненного цикла и выбора наиболее выгодного курса действий.

Представляется, что конкретные рекомендации по координации процесса системного анализа с процессом системной инженерии должны учитывать существующую на предприятии архитектуру системы инженерной деятельности, принятую политику управления рисками инженерных проектов и, наконец, природу целевой системы, управление жизненным циклом которой находится в центре внимания системных инженеров.

4. Заключение

При организации системы инженерной деятельности, предлагается использовать опыт, накопленный системной инженерией в области управления жизненным циклом систем и формирования целостного процесса системной инженерии. В качестве базового процесса, отвечающего за упорядочивание и согласование взаимодействий в системе инженерной деятельности, предлагается использовать процесс определения архитектуры, в первую очередь функциональной архитектуры, системы деятельности. В роли ключевого элемента, обеспечивающего возможность организации системы инженерной деятельности и ее управления на всех иерархических уровнях, рассматривается координация системной инженерии и системного анализа. Указанные идеи предлагаются для обсуждения и в дальнейшем потребуют конкретизации.

Список литературы

1. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. М.: ЛЕНАНД, 2016. 160 с.
2. Теория систем и системный анализ в управлении организациями / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2006. 848 с.
3. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ. М.: КНОРУС, 2017. 322 с.
4. Gibson J.E., et al. How to do systems analysis. Wiley, 2012. 582 p.
5. Good H.H., Machol R.E. System engineering: an introduction to the design of large-scale systems, NY: McGraw-Hill, 1957. 551 p. / Гуд Г.Х., Макол Р.Э. Системотехника: введение в проектирование больших систем. М.: Сов. радио, 1962. 383 с.
6. ISO/IEC/IEEE 15288:2023 Systems and software engineering. System life cycle processes // www.iso.org/standard/81702.html (дата обращения 15.01.2024) // ГОСТ Р 57193-2016 Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. М.: Стандартиформ, 2016. 98 с.
7. Lawson H. W. A journey through the systems landscape. London: College Publications, 2010. 281 p. / Гарольд «Бад» Лоусон Путешествие по системному ландшафту. М.: ДМК Пресс; 2013. 370 с.
8. de Weck O., et al. Systems engineering: fundamentals and applications. Springer, 2019. 458 p.

9. Wasson C.S. System engineering analysis, design, and development: concepts, principles, and practices. Wiley, 2016. 846 p.
10. Трубников Н. Н. О категориях «цель», «средство», «результат». М.: Высшая школа, 1968. 149 с.
11. Kossiakoff A. Systems Engineering Principles and Practice / 2nd Edition. Wiley, 2011. 560 p. // Косяков А., Свит У. и др. Системная инженерия. Принципы и практика. М.: ДМК Пресс, 2014. 636 с.
12. 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> (дата обращения 15.01.2024).
13. INCOSE Systems Engineering Handbook. A guide for system life cycle processes and activities / Firth edition. INCOSE-TP-2003-002-05. Wiley, 2023. 370 p.
14. Blanchard B.S., Fabrycky W.J. Systems Engineering and Analysis / Fifth Edition. Pearson, 2014. 800 p.
15. NASA Systems Engineering Handbook. NASA SP-2016-6105 Rev. 2. 287 p.
16. SAE ARP4754A Aerospace recommended practice. Guidelines for development of civil aircraft and systems. SAE International Group, 2010. 115 p.