

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К НЕПРЕРЫВНОМУ ОБУЧЕНИЮ СИСТЕМНОМУ ИНЖИНИРИНГУ В ИНТЕРЕСАХ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

А.А. Романов, А.А. Романов, С.В. Коблов

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»

romanov48@yandex.ru

Абстракт. В докладе представлены результаты системного анализа подходов, используемых для подготовки специалистов инженерного профиля в интересах ракетно-космической отрасли как в высшей школе, так и в системе профессиональной подготовки и повышения квалификации. Проведен сравнительный анализ принципов подготовки системных инженеров (СИ) в НАСА с предлагаемыми для отраслевой системы ГК Роскосмос с учетом необходимости осуществления Стратегии цифровой трансформации предприятий и основных компетенций, востребованных в мировых аэрокосмических компаниях. Отмечается, что несоответствие темпов обновления технологий и стандартов образования, а также требований к срокам создания новых образцов космической техники, обусловило необходимость дополнения традиционного университетского образования системой непрерывного профессионального образования. Показано, что системный инжиниринг (СИ) может и должен стать обобщающей дисциплиной, достаточной для цифровой трансформации предприятий, позволяющей подготовить специалиста по специфическому запросу бизнеса. В заключение предложены уровни освоения отраслевых программ изучения СИ, апробированные в Высшей школе системного инжиниринга МФТИ (ВШСИ МФТИ) и корпоративной академии Роскосмоса.

В работе [1] отмечается, что адаптация традиционных программ высшего профессионального образования не всегда успевает за сокращением сроков появления новых производственных технологий. Указанное обстоятельство все чаще приводит к тому, что знания, полученные в ходе обучения в университетах быстро устаревают и для их обновления необходим поиск и внедрение новых подходов и механизмов получения профессионального образования. Следует отметить, что указанное обстоятельство характерно не только для российской ракетно-космической отрасли, а и практически для всех ведущих компаний мира. Выходом из такого положения может послужить внедрение способов дистанционного образования, активно внедряемых в компаниях: Cisco Systems, HP, Alcatel-Lucent, IBM, Huawei, Microsoft, Oracle, а сегодня и в Lockheed Martin, Boeing, Airbus Defence and Space [2-4].

В презентации [5] перечислены основные компетенции, необходимые специалистам космических компаний будущего на опыте компании Lockheed Martin. Они включают: использование больших данных и аналитических приложений; имитационное моделирование и валидацию миссий, а также оптимизацию компромиссов; облачные вычисления и Интернет вещей; цифровое интегрированное предприятие и аддитивное производство; виртуальную и дополненную реальность; создание графического ПО и алгоритмов автоматического программирования; комплексные испытания изделий.

Для освоения необходимых компетенций НАСА предложило четыре уровня компетентности системных инженеров, приведенные в таблице 1 [6]. Каждому уровню компетенций соответ-

ствуют требования к должности (уровни лидерства), а также навыки, необходимые для исполнения предписанных функций и минимальная программа обучения. При этом оценку соответствия каждому уровню обеспечивает вышестоящий руководитель инженера. Из приведенной таблицы видно, что предложенные уровни охватывают всю иерархию должностей разработчиков вплоть до самой высшей квалификации – системного инженера программы/проекта.

Таблица 1. Уровни компетенций системных инженеров в НАСА.

Уровни компетенций	Уровень I	Уровень II	Уровень III	Уровень IV
Уровни лидерства	Инженер/участник команды проекта	Руководитель разработки подсистемы	Системный инженер проекта	Системный инженер программы/компании
Должностные требования	Выполнение рутинных операций СИ, поддержка работы СИ уровней II-IV	Выполнение рутинных операций СИ при разработке подсистемы или простого проекта, поддержка элементарных процессов	Исполнение функций СИ сложного проекта при разработке нескольких значимых подсистем или изделий	Обеспечение операций СИ для программы при реализации нескольких систем, разработка политики СИ на уровне Агентства/Центра
Навыки для различных уровней	Техническая интеграция, СИ и управление проектами, разработка концепций, методов и средств, решение задач проекта. Демонстрация знания и понимания средств, технологий и языков СИ. Достаточный опыт, ответственность и готовность к выполнению научных и практических задач рутинных проектов	Участие или руководство процедурами СИ (разработкой требований, бюджета, графиков, управление рисками). Применение инструментов, методов и средств СИ на уровне подсистем, включая использование предшествующего опыта. Готовность возглавить разработку и техническую интеграцию подсистем в простом проекте	Значительный опыт организации и технического руководства несколькими фазами ЖЦ разработки проекта, управление полной технической интеграцией, реализация функций СИ при создании нескольких подсистем или просто-го проекта. Демонстрация владения способами и наилучшими практиками СИ, готовность к техническому руководству разработкой систем или проектов.	Способность обеспечить достижение целей Агентства и эффективно управлять организационным, техническим и стратегическим взаимодействием. Демонстрация наивысших компетенций во всех процессах СИ. Значительный практический опыт и готовность к обеспечению технического руководства на уровне программы, Агентства или Центра
Валидация соответствия уровню	Непосредственный руководитель группы разработчиков	Эксперт и член совета руководителей процессами инженерной разработки	Эксперт и член совета руководителей процессами инженерной разработки	Эксперт, член совета руководителей процессами инженерной разработки, руководитель Агентства
Программа обучения	Понимание технических основ СИ и управления проектами	Формирование лидерских качеств и участие процессах СИ	Руководство, структурирование и интеграция мероприятий СИ сложного проекта	Стратегия применения СИ в крупных проектах при управлении работами Агентства

Элементы модели подготовки специалистов по запросу помогают получить ответы на следующие вопросы: в какой степени компания полагается на традиционные методы и платформы обучения при решении кадровых проблем; насколько используются новые подходы для повышения ценности изделий при решении стратегических задач, стоящих перед компанией; а также каким образом компания адаптирует существующую модель бизнеса для достижения завтрашних целей, используя новые модели подготовки талантов.

Для этого модель подготовки кадров по запросу подразумевает наличие как минимум двух компонентов получения образования: высшее и среднетехническое в университетах и колледжах, а также периодическую (1 раз в 5 лет) профессиональную переподготовку (повышение квалификации) в корпоративных учреждениях с широким использованием технологий дистанционного образования. Необходимо также помнить о том, что по мере совершенствования производства некоторые виды деятельности со временем исчезают, поэтому в первую очередь нужно защищать рабочую силу, а не состав выполняемых работ, что в соответствии с теорией технологической безработицы [7] требует экономного использования рабочей силы, которое опережает темпы выявления новых ее применений.

В последние годы в высокотехнологичных отраслях, включая космическую, наблюдается постепенный переход от классического СИ к цифровому, когда высокоуровневая абстракция преобразования традиционных подходов к разработке систем в цифровые инженерные подходы подразумевает использование цифровых артефактов, а также проведение инженерных работ в цифровой среде проектирования [8]. Причем основное отличие ЦИ от традиционного СИ при разработке изделий состоит в том, что ЦИ обеспечивает переход от документо-ориентированного подхода к использованию цифровых моделей на основе единого цифрового источника достоверных данных. Такая трансформация предполагает создание экосистемы ЦИ, включающей следующие уровни:

- Уровень знаний, обеспечивающий управление знаниями и служащий хранилищем всех доступных знаний, данных, отчетов и авторизованных источников достоверных данных.

- Уровень видения - это место, где инженеры и аналитики могут легко найти соответствующие геометрические параметры, данные, отчеты, источники информации, необходимые для оценки свойств материалов, характеристик компонентов, подсистем и систем.

- Уровень мышления включает в себя анализ рисков, связанных с затратами, сроками, ожидаемой производительностью и доступностью технических решений.

- Уровень конкретных действий - блок принятия решений, включающий в себя взвешивание всех анализируемых переменных, проходящих от уровня к уровню через экосистему цифрового инжиниринга.

Данное обстоятельство связано с тем, что анализ вариантов на основе моделей и с учетом рисков на каждом этапе реализуемой программы имеет решающее значение для принятия своевременных и эффективных решений. В работе [9] сформулировано, как подобная экосистема цифрового инжиниринга трансформируется в новую экосистему космической деятельности с возникновением широкого класса потребителей и пользователей космических услуг.

С учетом рассмотренных обстоятельств в дополнение к базовой программе подготовки системных инженеров в ВШСИ МФТИ нами была предложена программа профессиональной переподготовки и повышения квалификации, которая, по нашему мнению, позволяет обеспечить процесс непрерывного образования с использованием, в том числе и дистанционных методов обучения.

Начальный уровень подразумевает изучение в рамках корпоративной академии Роскосмоса материалов онлайн курса «Введение в прикладной системный инжиниринг», а продвинутый уровень – офлайн курс «Основы системного инжиниринга».

Таким образом по результатам проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Стратегия ЦТ Госкорпорации «Роскосмос» предполагает объединение всех предприятий в единой информационной системе, позволяющей повысить эффективность деятельности Госкорпорации.
2. Постоянно возрастающая сложность систем, уменьшение сроков разработки и вывода на рынок требуют широкого внедрения принципов, методов и средств СИ.

Таблица 2. Уровни освоения отраслевых программ изучения СИ

Компетенция	Профессиональный квалификационный уровень		
	Начальный	Продвинутый	Эксперт
Уровни овладения учебной программой	Некоторые знания в объеме 6-8 часов курса «Введение в прикладной системный инжиниринг» («Системный инжиниринг для чайников»)	Знания по руководству разработкой проекта в компании в объеме 20-30 часов курса «Основы системного инжиниринга»	Овладение дисциплиной «Прикладной системный инжиниринг» (64 часа), обеспечивающей руководство цифровой трансформацией компании
Опыт управления разработкой системы	Стаж работы в должности ведущего разработчика/ руководителя группы разработчиков	Успешный опыт работы в должности главного конструктора ОКР/ системного инженера проекта	Успешное руководство разработкой нескольких реализованных систем/программ организации
Знание нормативных контрактных документов	Знать типы и формы применяемых контрактов полного ЖЦ разработки и создания	Участие в разработке стратегии контрактных переговоров по созданию новых систем	Значительный опыт и личное участие в разработке и реализации стратегии контрактных переговоров
Формирование и работа в команде	Владение принципами формирования команды	Участие в отборе контрагентов	Успешное руководство контрагентами
Принятие управленческих решений	Понимать важность и практику применения аналитического иерархического процесса	Иметь навыки работы с инструментарием аналитического иерархического процесса	Иметь навыки работы и опыт ежедневного использования аналитического иерархического процесса

3. Динамика изменения ЖЦ инновационного продукта не соответствует темпам подготовки кадрового потенциала и требует новых образовательных подходов, в том числе перехода на концепцию «непрерывного образования».
4. Модель подготовки кадров по запросу подразумевает наличие как минимум двух компонентов получения образования: высшее и средне-техническое образование в университетах и колледжах, а также периодическую профессиональную переподготовку (повышение квалификации) (1 раз в 5 лет) в корпоративных учреждениях с широким использованием технологий дистанционного образования.
5. Некоторые компании будут страдать от “технологической безработицы”, если они не будут переобучать свою рабочую силу навыкам индустрии 4.0 более быстрыми темпами, чем внедрение технологий.
6. Основное отличие ЦИ от традиционного СИ при разработке изделий состоит в том, что ЦИ обеспечивает переход от документо-ориентированного подхода к использованию цифровых моделей на основе единого цифрового источника достоверных данных.

Список литературы:

1. Подготовка специалистов для космической индустрии будущего / Е.В. Боярова, Г.А. Ефименко, В.Ю. Ключников [и др.] / под ред. А. А. Романова, А. А. Романова, Ю. М. Урличича. М.: ИП Викулов К.В., 2022. 312 с.
2. Boeing-University Relations - A Review and Prospects for the Future John H. McMasters, Narayanan Komerath The Boeing Company / Georgia Institute of Technology Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 20 p.
3. FEATURE INVESTIGATION GOODMAN INSTITUTE Inside Lockheed Martin’s Sweeping Recruitment on College Campuses The engineering degree to defense industry pipeline. INDIGO OLIVIER AUGUST 11, 2022, 8 p.
4. Airbus and Delft University of Technology enter five-year partnership agreement to advance talent and technology, 11 april, 2023, 3 p.
5. Paul Embry Digital Tapestry Lead, Lockheed Martin Space Systems Company, Digital Tapestry, February 2016, 12 p.
6. NASA’s Systems Engineering Competencies, 2009, 61 p.
7. Keynes J.M. The General Theory of Employment // The quarterly Journal of Economics, 1939, 16 pp.
8. Коблов С.В. Вопросы создания цифровой среды головной научно-исследовательской организации Госкорпорации «РОСКОСМОС» // КОСМОНАВТИКА И РАКЕТОСТРОЕНИЕ 3(114) 2020, С. 32-37.
9. London Economics, 2015.