

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия*

***Аннотация.** Успешность модернизации высшего инженерного образования в России зависит от эффективности формирования и реализации образовательных траекторий студентов, полноте и функциональности учебных планов в области системной инженерии. Наличие в учебных планах взаимосвязанных совокупностей дисциплин по проблематике системной инженерии, проектной деятельности позволяют обеспечить необходимые практическую направленность и научную новизну выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров. В статье будут представлены модели образовательных программ по системной инженерии подготовки инженеров, основные профессиональные компетенции системных инженеров.*

Ключевые слова: системный инжиниринг; основная образовательная программа; профессиональные компетенции системных инженеров; цифровые двойники

Открытие новой магистерской программы «Управление проектами внедрения цифровых двойников промышленных систем» в рамках Передовой инженерной школы по электронике и электротехнике в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) и реализация магистерской программы «Управление цифровыми трансформациями» для специалистов ПАО «Газпром» способствуют подготовке инженерных кадров для управления цифровыми трансформациями предприятиями различных отраслей России. Направлением подготовки этих магистерских программ является «Инноватика». Направление «Инноватика» позволяет реализовать междисциплинарный подход в обучении инженерных кадров. Выпускники этого направления обладают как компетенциями в управлении сложными динамическими системами, так и в сопровождении инновационного продукта на рынок, коммерциализации результатов, стратегическом анализе. Профессиональные компетенции по научно-исследовательской и проектной деятельности направлены на обеспечение компетенций в области разработки проектов цифровых двойников промышленных систем, разработки стратегий цифровых трансформаций. Промышленная система, предприятие в современном контексте Инду-

стрии 4.0 и Индустрии 5.0 рассматриваются с точки зрения киберфизических систем, объединяющих как техническую, так и социально-экономическую подсистемы. Киберфизические системы, цифровые экосистемы – та терминологическая база, которой описывают сложные динамические взаимодействия цепочек преобразования измерительной информации о внешней и внутренней средах системы. Современные информационные технологии позволяют организовывать сквозную интеграцию данных для таких систем. Однако количество компонент в таких системах, а, соответственно, и количество функциональных преобразований в них так велико, что традиционные приемы обработки данных не годятся: переходят к Big Data, VI, AI, NOSQL технологиям консолидации, синхронизации и управления такими данными.

Умения формализовать описание, моделировать, реконфигурировать бизнес-архитектуры, бизнес-модели, бизнес-процессы наукоемких предприятий с использованием механизмов построения цифровых двойников, внедрения технологий искусственного интеллекта, визуализации управленческих решений формируются на базе принципов системного и программного инжиниринга, технологий бизнес-аналитики. Профессиональные компетенции в области управления цифровыми трансформациями, инновационным проектированием цифровых двойников промышленных систем необходимы для специалистов по управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий (системному аналитику, архитектору программного обеспечения); специалистам по разработке, внедрению и эксплуатации АСУТ (интеграторам прикладных решений, специалистам по большим данным), руководителям проектов в области информационных технологий [1–3].

Использование при построении основных образовательных программ принципов системного инжиниринга [4] как «междисциплинарной области знаний, которая занимается разработкой и управлением сложными системами» позволяет объединить формируемые профессиональные и специальные компетенции в единый контент. Системный архитектор на производстве является и разработчиком архитектуры системы (информационной системы, архитектуры предприятия, архитектуры программного решения и т.д.), и интегратором различных компонентов системы (программно-аппаратной части) для обеспечения взаимодействия, согласованности и эффективности работы системы в целом. Таким образом, PLM-технологии базируются на системном и программном инжиниринге. В конечном итоге, цифровые платформы, интегрирующие все составляющие сложной динамической системы (предприятия, информационной системы, процессов, инфраструктуры и т.д.) формируются и используются по принципам системной инженерии. Управление рисками, обеспечение активной коммуникации и сотрудничества между различными участниками проекта – также неотъемлемые задачи системной инженерии.

Фактически, проектная деятельность для задач цифровых трансформаций и внедрения цифровых двойников также базируется на системном подходе: жизненный цикл управления проектами объединен единым информационным пространством R@D инструментов проектирования [5–6].

Базовые дисциплины магистерских программ: деловой английский язык, методы научных исследований, основы управления киберфизическими системами, трансфер технологий, современный стратегический анализ, управление технологическими инновациями, управление интеллектуальной собственностью, Финансово-экономические основы инновационного проектирования. В таблице 1 представлены аннотации дисциплин базовой части.

Таблица 1 – Аннотации дисциплин базовой части

Наименование дисциплины	Основное содержание
Деловой английский язык	Дисциплина нацелена на овладение навыками делового профессионального общения, на саморазвитие и реализацию своих карьерных планов. Результатами освоения дисциплины являются расширение словарного запаса в области профессионального общения, оптимизация грамматического и лексического материала и владение культурой межличностного диалога в многонациональном и поликонфессиональном обществе.

Методы научных исследований	Предметом ее изучения являются научное знание, методология и логика науки, методы научного исследования в менеджменте, основы организации научного исследования, язык науки.
Основы управления киберфизическими системами	Внедрение инновационных технологий, инноваций в управление ресурсами предприятия, архитектура которого рассматривается как многомерная процессная модель, требует использования профессиональных компетенций выпускника, одинаково владеющего управлениями процессами вычислительной, программно-аппаратной, социально-экономической, технической, технологической и т.д. составляющими инновационной инфраструктуры. Цифровое предприятие рассматривается как киберфизическая система, процессами в котором занимается выпускник. Рассматриваются методы, модели, инструменты технологий Интернета вещей, цифровые двойники. Рассматриваются методы и модели оценки цифровой зрелости инфокоммуникационной инфраструктуры предприятия к цифровым трансформациям.
Трансфер технологий	Обеспечивает изучение комплекса вопросов, связанных с продвижением, передачей и коммерческим использованием информации о технологии. Предметом ее изучения являются сущность трансфера технологий, его виды и этапы осуществления, регистрация (патентное лицензирование) и правовые аспекты передачи патентов на технологические изобретения, организационные формы взаимодействия участников (агентов) рынка технологий.
Современный стратегический анализ	Дисциплина раскрывает теоретико-методологические основы анализа и выбора перспективных направлений развития предприятий и организаций в конкурентной рыночной среде. В процессе обучения студенты изучают современные методики анализа организационной среды, проводят разбор конкретных ситуаций, выполняют индивидуальные задания, в рамках кейс-стадии осваивают порядок разработки и в курсовой работе разрабатывают аналитический раздел стратегического плана корпорации (предприятия).
Финансово-экономические основы инновационного проектирования	Дисциплина позволяет рассматривать процессы финансово-экономического обеспечения инновационного проектирования, особенности расчета экономической эффективности проекта, механизмов коммерциализации

Специальные компетенции проектной деятельности магистерской программы связаны с умениями, навыками, знаниями по реализации работ руководителя по созданию цифровых двойников промышленных систем в организации: методам и средствам обеспечения качества и информационной безопасности корпоративных данных, умением разрабатывать проектную и техническую документацию на цифровые двойники промышленных систем; навыками определения направления развития цифровых двойников промышленных систем в организации.

Специальные компетенции можно сформировать только при использовании концепции системного инжиниринга.

Список литературы:

1. <https://classinform.ru/profstandarty/40.206-spetcialist-po-upravleniiu-intellektualnoi-sobstvennosti-i-transferu-tekhnologii.html> – Профессиональный стандарт 40.206 Специалист по управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий
2. <https://classinform.ru/profstandarty/40.057-spetcialist-po-avtomatizirovannym-sistemam-upravleniia-mashinostroitelnyh-predpriiatiem.html> – Профессиональный стандарт 40.057. Разработка, внедрение и эксплуатация автоматизированных систем управления предприятием.
3. <https://classinform.ru/profstandarty/06.016-rukovoditel-proektov-v-oblasti-informatcionnykh-tekhnologii.html> – Профессиональный стандарт 06.016, Руководитель проектов в области информационных технологий, 18.11.2014 N 893н (ред. от 12.12.2016)ю

4. Батоврин В. К. Системная инженерия Программная инженерия: Учебники и учебные пособия для вузов / Справочно-энциклопедическая литература. - Москва: ДМК Пресс, 2023 – 281 с.

5. Цифровой двойник Digital Twin of organization, DTO URL:<http://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения 06.06.2022).

6. Brusakova I. A., Imomova M. S. Virtual Measuring Circuit Design Management for IoT Technologies //2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). – IEEE, 2021. – С. 1879–1882.

I. A. Brusakova

Systems engineering and engineering personnel training

Saint Petersburg Electrotechnical University, Russia

Abstract. The success of modernization of higher engineering education in Russia depends on the effectiveness of the formation and implementation of educational trajectories of students, the completeness and functionality of curricula in the field of systems engineering. The presence in the curricula of interconnected sets of disciplines on the problems of system engineering, design activities make it possible to ensure the necessary practical orientation and scientific novelty of you-starting qualification works of bachelors and masters. The article will present models of educational programs for system engineering of engineers' training, the main professional competencies of system engineers.

Keywords: System Engineering; Basic Education Program; Professional Competencies of B-System Engineers; Digital Twings technologies