

## **ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ПРИНЦИПОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ**

Е. А. Мирошниченко, Н. Г. Марков, Т. С. Петровская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: mir@tpu.ru

## **WAYS OF APPLICATION OF SYSTEMS ENGINEERING CONCEPTS TO EDUCATIONAL PROGRAMS FOR BACHELORS AND MASTERS**

E. A. Miroshnichenko, N. G. Markov, T. S. Petrovskaya

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: mir@tpu.ru

***Annotation.** Russian universities have to take a number of effective steps for implementing world experience in the field of learning and application of systems engineering. Implementation should be based on the creation of sample programs and courses, subject to specificity of educational profiles. It is appropriate and necessary to introduce systems engineering concepts and elements into training of bachelors and masters. The paper proposes concrete recommendations and guidelines for implementing this in the Tomsk Polytechnic University.*

Сегодня во всем мире складывается положение, когда компании испытывают дефицит высококвалифицированных кадров, способных применять системный подход к созданию и эксплуатации сложных гетерогенных систем. Свидетельствует об этом и тот факт, что профессия «системный инженер» в последние годы нередко занимает лидирующие места по престижности и перспективности в развитых индустриальных странах, а программы подготовки по системной инженерии (СИ) для дипломированных специалистов сегодня реализуются более чем в двухстах зарубежных вузах [1, 2].

С учётом сказанного понятен интерес, который СИ как инженерная мета-дисциплина вызывает сегодня в мире в качестве актуального образовательного направления.

Стремление руководства Томского политехнического университета (ТПУ) к тому, чтобы принципы СИ всё шире внедрялись в образовательный процесс, наталкивается как на отсутствие соответствующего учебно-методического и нормативно-методического обеспечения по СИ в России, так и на отсутствие опыта преподавания СИ в ТПУ. Кафедры ТПУ, выпускающие бакалавров и магистров в области техники и технологий, которые желают внедрять принципы СИ в рамках своих основных образовательных программ (ООП), вынуждены начинать этот процесс фактически с нуля. В этой ситуации планомерная подготовка соответствующего учебно-методического обеспечения и переподготовка преподавательских кадров на уровне университета являются актуальными направлениями работ [2].

Доклад посвящён рекомендациям по внедрению принципов и элементов СИ в ООП подготовки бакалавров и магистров техники и технологий.

На наш взгляд, сегодня существует несколько путей такого внедрения. Во-первых, нужно разрабатывать уникальные магистерские программы, в которых 3–4 дисциплины по СИ в качестве основы сочетаются со специальными дисциплинами конкретной предметной области. Второй путь состоит во внедрении принципов и элементов СИ в специальные дисциплины, в учебные и

производственные практики, в курсовые и творческие проекты и работы, в НИРС/УИРС и в выпускные квалификационные работы. Третий путь является наиболее лёгким: включение в ООП обзорных дисциплин по СИ.

При этом в перечень результатов обучения по дисциплинам, курсовым и творческим проектам ООП подготовки бакалавров и магистров следует включать универсальные (общекультурные) и профессиональные компетенции, рекомендованные сводом знаний NASA по СИ [2, 3]. Среди них основные — способность к выделению общесистемных связей и закономерностей; приспособленность к работе в условиях неопределённости и недостаточности информации; умение управлять требованиями и изменениями; владение методами и инструментами анализа систем (включая анализ надёжности, рисков, технико-экономических характеристик и т. п.); умение организовывать и проводить испытания систем и анализировать их результаты.

С точки зрения СИ чрезвычайно важно уделить внимание хотя бы на минимальном уровне в ООП подготовки бакалавров и на максимально возможном — в ООП подготовки магистров — следующим аспектам инженерной деятельности.

*Аспект управления проектами:* умение организовать планирование работ и контроль их исполнения, хотя бы примитивное управление рисками, специальное внимание тимбилдингу.

*Аспект управления процессами:* умение организовать инфраструктуру работы, включая конфигурационное управление и управление коммуникациями.

*Аспект инженерии требований:* умение идентифицировать и описать группы стейкхолдеров; попытаться определить представителей этих групп и, при возможности, вовлечь их в работу; умение сформировать и поддерживать в актуальном состоянии совокупность требований; способность связать требования к проекту с потребностями стейкхолдеров.

*Аспект учёта жизненного цикла:* умение описать и учесть перспективы развития продукта/системы, аспекты возможного применения: ремонтпригодность/сопровождаемость/адаптируемость; возможные причины и последствия вывода из эксплуатации (использования).

*Аспект принятия решений:* умение обосновать решения о выборе методов, инструментария, оборудования, технологий, конкретных практик и т. п. для решения поставленной задачи.

В качестве первого опыта следования первому пути можно привести открытие в ТПУ с 2014 года магистерской программы «Системная инженерия программного обеспечения». Сделаны первые шаги по второму пути: разрабатывается методическое обеспечение для внедрения принципов СИ в творческие и курсовые работы и проекты по ряду ООП.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аркадов Г. В., Батоврин В. К., Сигов А. С. Системная инженерия, как важнейший элемент современного инженерного образования // Инженерное образование. — 2012, № 9, с. 12–25.

2. Системная инженерия и её внедрение в образовательные программы Томского политехнического университета / Чубик П. С., Марков Н. Г., Мирошниченко Е. А., Петровская Т. С. // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 323, № 5. — С. 176-181.

3. NASA Systems Engineering Handbook. NASA. 1995. SP-610S.