

СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ВЕДУЩИХ ЗАРУБЕЖНЫХ УНИВЕРСИТЕТАХ

А. М. Лидер, И. В. Слесаренко, М. А. Соловьев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, 634050, Томск, проспект Ленина, 30, главный корпус ТПУ;
slessare@tpu.ru*

Аннотация. В статье-обзоре освещаются лучшие образовательные практики инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах. Рассматривается современный контекст инженерно-технической подготовки, анализируются ожидания и запросы различных участников образовательного процесса, в том числе представителей промышленности. Основной задачей исследования являлось изучение лучших образовательных практик ведущих зарубежных университетов в области инженерно-технической подготовки, анализ образовательных политик университетов и поддерживающих их реализацию мероприятий. Обсуждаются нововведения в образовательной политике вузов, чей опыт инженерно-технической подготовки определяется новыми задачами реформирования образовательных программ посредством внедрения новых технологий активного, проектного, проблемного обучения с целью формирования у студентов ключевых профессиональных и востребованных междотраслевых профессионально значимых компетенций. Приводятся примеры организации учебного процесса в зарубежных университетах в сотрудничестве с работодателями, а также интегрированная в реальную производственную деятельность подготовка профессорско-преподавательского состава.

Выводы авторов относительно изменений современного состояния инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах представлены в рекомендательном ключе с целью возможного пилотирования и интеграции лучших практик в образовательную деятельность по подготовке инженеров в российских университетах.

Ключевые слова: инженерно-техническая подготовка, профессиональные компетенции, междотраслевые профессионально значимые компетенции, практико-ориентированное обучение, самостоятельная работа, политика образовательной деятельности университета

Благодарность. Работа выполнена в рамках Программы повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Для цитирования: Лидер А. М., Слесаренко И. В., Соловьев М. А. Современный опыт инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах // Университетское управление: практика и анализ. 2021. Т. 25, № 1. С. 18–34. DOI 10.15826/umpa.2021.01.002.

BEST PRACTICES OF ENGINEERING TRAINING IN WORLD LEADING UNIVERSITIES

A. M. Lider, I. V. Slesarenko, M. A. Solovyev

*National Research Tomsk Polytechnic University
30 Lenin ave., Tomsk, 634050, Russian Federation;
slessare@tpu.ru*

Abstract. The paper reviews best educational practices in engineering training provided by world leading universities. Modern landscape of engineering training and education has been viewed; expectations and needs of different stakeholders of educational process have been considered, including those of industry representatives. The main purpose of our research is to study the educational practices of the world leading universities in engineering training, to analyze educational policies and training measures supporting their realisation. There are considered the innovations in educational policies of the universities whose experience in engineering training is determined by new objectives of reforming degree programmes via integrating new technologies of active, project-based, and problem-based learning in order

to develop students' key professional competences and generic skills. The examples of curriculum planning in collaboration with employers are viewed. The university staff training integrated into real industry operating is considered. The authors' conclusions on the changes in the current state of engineering training are presented in the form of advice, with the orientation towards prospective piloting and integration of the best practices into engineering education in Russian universities.

Keywords: engineering training, professional competences, generic skills, practice-based training, independent studies, university education policy

Acknowledgments. This work was carried out within the framework of the Competitiveness Enhancement Program of National Research Tomsk Polytechnic University.

For citation: Lider A. M., Slesarenko I. V., Solovyev M. A. Best Practices of Engineering Training in World Leading Universities. University Management: Practice and Analysis. 2021; 25 (1): 18–34. doi 10.15826/umpa.2021.01.002. (In Russ.).

Введение

Сегодня инженеры критически важны для управления взаимодействием общества, экономики и окружающей среды. Они вовлечены в решение различных актуальных для человечества задач: от формирования запасов чистой питьевой воды и обеспечения безопасности зданий и сооружений до поисков источников возобновляемой энергии и разработки новых производственных технологий. Постоянный приток талантливых инженерных кадров важен для экономики и будущего каждой страны. Эволюция профессии инженера всегда отражала изменения в технологиях и обществе. Изменения в промышленном укладе кардинальным образом влияют на задачи и содержательное наполнение инженерно-технической подготовки будущих инженеров¹. В учебные планы инженерной подготовки не просто добавляются новые учебные дисциплины, меняется сама концепция инженерного образования [1].

В настоящее время потребности скоростного развития новых форм производства в рамках концепции Индустрии 4.0, насущные вопросы обеспечения безопасности производства, проактивного внедрения передовых технологий в глобальном контексте международного взаимодействия требуют от выпускников университетов междотраслевых профессионально значимых умений и компетенций, востребованных постоянно обновляющимся контекстом профессиональной деятельности [2]. Данные вопросы взаимосвязаны с трансформацией целей, содержания высшего

образования и запросов промышленности рассматривались авторами работ [3], [4], [5].

Согласно данным Глобального института McKinsey, регулярно проводящего исследования рынка труда, в современном обществе осуществляется переход к технологиям автоматизации производства (automation technologies)². В связи с этим исследования Института McKinsey сфокусированы на перемещении рабочей силы в область автоматизации производства, что влечет за собой необходимость повышения квалификации персонала, приобретения его представителями новых умений, переформатирования рабочих мест и требований к ним, установления оплаты труда. В пояснительной записке «Будущее рабочих мест в Америке» говорится, что анализ выборки из 315 городов и более чем 3 000 округов в США по данным на июль 2019 года показал следующее: работодатели ищут возможности управлять сложными операциями посредством автоматизации производства, поиска и внедрения последних инноваций и, соответственно, им требуется квалифицированный персонал – инженерные кадры, способные решать подобные сложные задачи на производстве. По прогнозам Глобального института McKinsey, в период с 2017 года по 2030 год доля профессий STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) возрастет и составит 37 % от общей доли специалистов, чьи умения и компетенции будут востребованы на рынке труда. Доля техников и других специалистов, занятых в обслуживающем секторе, составит 30 %. Это второе и третье места в списке соответственно. На первом месте – специалисты в сфере здравоохранения, на их долю приходится 48 %.

Эволюция рабочих мест и умений затронет все сферы деятельности. По мнению экспертов

¹ См.: Национальная инженерная академия США. Понимание траекторий инженерного образования и профессий // The National Academies Press (NAP) : [сайт]. URL: <https://www.nap.edu/download/25284> (дата обращения: 03.08.2019); Глобальный сектор Образование 2019–2023. Отчет // Reportlinker : [сайт]. URL: <https://www.reportlinker.com> (дата обращения: 03.08.2019); Устойчивое развитие в России. Русско-немецкое бюро экологической информации / под ред. С. Бобылева, Р. Перелета. Берлин ; Санкт-Петербург, 2013 // DRA : [сайт]. URL: <https://www.austausch.org> (дата обращения: 03.09.2018).

² См.: Глобальный институт Маккинзи. Пояснительная записка «Будущее рабочих мест в Америке», июль 2019 г. // McKinsey and Company : официальный сайт. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-in-america-people-and-places-today-and-tomorrow> (дата обращения: 23.07.2019).

Глобального института McKinsey³, работа, связанная с рутинными и автоматизированными операциями, будет требовать все меньше человеческого участия. Так, со временем умения, совпадающие с функционалом машин и устройств, будут все меньше востребованы на рынке труда в США. В то же самое время возрастет спрос на умения, которые машины и устройства не смогут предоставить, это творческое мышление и нестандартный подход к решению задач, эмпатия, критическое мышление, способность программировать и управлять технологическими системами. Таким образом, изменять, дополнять свои умения и компетенции придется всем: и работающим инженерам, и выпускникам, и студентам.

В отчете Всемирного экономического форума за 2018 год⁴ в числе межотраслевых профессионально значимых умений, потребность в которых возрастет к 2022 году, отмечены умения обучаться и использовать эффективные стратегии обучения, способность к творческой деятельности, проявление оригинальности и инициативы, критическое мышление и анализ, технологический дизайн и программирование, решение проблем, обоснование принимаемых решений, другие. А в отчете, представленном Всемирным экономическим форумом в 2020 году⁵, указано, что доля профессий, обусловленных технологическим развитием общества, возрастет до 51 % в 2020 году. Усиливаются новые роли инженерных знаний, умений в области облачных вычислений, разработки и совершенствования характеристик существующих и новых видов продукции (product management). Прогнозируется, что в 2022 году наиболее высокую потребность в специалистах будут испытывать следующие профессиональные кластеры: искусственный интеллект, инжиниринг и облачные вычисления, продажи и маркетинг, экономика и хозяйственная деятельность, ориентированные на уход за уязвимыми категориями общества (за больными, пожилыми и др. – care economy). Увеличивающийся спрос

на быстро появляющиеся новые профессии обуславливает все большую ценность групп умений (set of skills), которые, как предполагается, обеспечат рост и процветание новой экономики. В этом отчете группы умений представлены как кластеры умений, которые формируют кластеры компетенций. Данные кластеры умений включают умения организовывать и вести предпринимательскую деятельность (business skills), специализированные профессиональные умения (specialized industry skills), общие и профессионально значимые умения (generic and soft skills), базовые технические умения (tech baseline skills) и прорывные технические умения (tech disruptive skills), при помощи последних возможны существенные изменения бизнес-моделей и рынка труда.

Умения, которые были востребованы для выполнения многих работ, быстро трансформируются. Как следует из отчета «Инженерные науки и сектора производства в Ирландии. Барометр профессии в Ирландии» за 2019 год⁶, умения ручного труда становятся менее востребованными. Помимо умений, указанных выше, растет спрос на умения аналитического мышления и на способности к производству инноваций. Отчет 2019 года составлен по результатам обследования 108 инженерных организаций с общей численностью инженерных кадров 36 778 человек. Отчет 2020 года⁷ составлен по результатам обследования 147 инженерных организаций с общей численностью инженерных кадров 64 494 человека.

Национальный план развития Ирландии в рамках проекта «Ирландия 2040» включает создание Фонда в поддержку развития инновационных прорывных технологий (Disruptive Technologies Innovation Fund) с целью активного формирования инвестиций в научный, промышленный сектор, научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки. Определены шесть тематических областей, которым отдан особый приоритет, – робототехника, искусственный интеллект, дополненная и виртуальная реальность, перспективные и умные технологии производства, умное и устойчивое

³ См.: Глобальный институт Маккинзи. Полный отчет «Будущее рабочих мест в Америке. Люди и рабочие места, сегодня и завтра», июль 2019 г. // McKinsey and Company : официальный сайт. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-in-america-people-and-places-today-and-tomorrow> (дата обращения: 23.08.2019).

⁴ См.: Отчет Всемирного экономического форума «Будущее рабочих мест». 2018 // World Economic Forum : официальный сайт. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018> (дата обращения: 08.07.2019).

⁵ См.: Отчет Всемирного экономического форума «Рабочие места завтрашнего дня: формируя возможности новой экономики». 2020 // World Economic Forum : официальный сайт. URL: <https://www.weforum.org/reports/jobs-of-tomorrow-mapping-opportunity-in-the-new-economy> (дата обращения: 08.06.2020).

⁶ См.: Отчет «Инженерные науки и сектора производства в Ирландии. Барометр профессии в Ирландии». 2019 г. // Engineers Ireland : [сайт]. URL: <https://www.engineersireland.ie/Professionals/News-Insights/Campaigns-and-policies/Reports/Engineering-barometer> (дата обращения: 18.07.2019).

⁷ См.: Отчет «Инженерные науки и сектора производства в Ирландии. Барометр профессии в Ирландии». 2020 г. // Engineers Ireland : [сайт]. URL: <https://www.engineersireland.ie/Professionals/News-Insights/Campaigns-and-policies/Reports/Engineering-barometer> (дата обращения: 15.03.2020).

производство питания, обработка продуктов питания⁸.

Как сообщается в Национальном бюллетене умений и компетенций Ирландии за 2018 год, к 2022 году в силу различных причин, в том числе отставания инженерно-технической подготовки в университетах и немногочисленности выпускников отдельных специальностей, в ряде сфер будет ощутима нехватка востребованных специалистов⁹. Отметим критические отрасли: согласно данным Национального бюллетеня, это отрасли, где требуются гражданские инженеры, инженеры – руководители строительных проектов; инженеры, ответственные за менеджмент качества, производственные инженеры, инженеры-разработчики; и другие области, где требуются инженеры-электротехники, инженеры-химики, инженеры автоматизированного производства, инженеры-механики.

Таким образом, на уровне социально-экономических политик различных стран наблюдается стратегический переход к новым формам производства и, как следствие, формируются новые требования к профессиям и специальностям. Многие аналитические агентства изучают и определяют востребованные в ближайшей и долгосрочной перспективе умения, компетенции и специальности в области инженерно-технической подготовки. Несколько примеров приведены выше. Сегодня предпринимаются попытки преодолеть разрывы между темпами развития производства, требованиями к выпускникам инженерных специальностей и подготовкой инженерных кадров, предлагаемой университетами.

Спрос на инженеров и инженерное образование в современном мире высок. Согласно опросу поступающих в университеты по версии QS Applicant Voices 2018, 29 % и 25 % заявителей (самая высокая доля) выбирают программы бакалавриата и магистратуры в области инженерных наук соответственно¹⁰. Доля студентов, планирующих поступать на PhD-программы в области инженерных наук, составляет 19 % от общей численности опрошенных. В России, согласно данным

мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования, проводимого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, доля студентов, обучающихся по программам высшего образования в области инженерного дела, технологий и технических наук, составила 31,40 % в 2018 году¹¹ и 31,94 % в 2019 году¹².

В рамках Обзора высшего образования в Азии за 2019 год, выполненного QS Quacquarelli Symonds, были выявлены факторы, формирующие мотивацию абитуриентов к выбору конкретного учреждения высшего профессионального образования. Среди таких факторов на первом месте – качество предоставляемых образовательных услуг (teaching quality), этот фактор отметили 44 % опрошенных; на втором месте – возможности университета оказать поддержку своим студентам в карьерном росте (career support) – 41 % опрошенных; далее – репутация университета у работодателей (reputation among employers) – 38 % опрошенных¹³.

Согласно данным отчета QS Quacquarelli Symonds об итогах опроса иностранных студентов, проведенного в 2020 году, наибольшее число респондентов (61 %) указали, что выбирают университет в основном потому, что получаемое образование приведет их в профессию и позволит осуществить карьерный рост в выбранной специальности; на личный интерес к предмету изучения указали 58 % респондентов; 49 % респондентов отметили хорошую репутацию выбираемого университета¹⁴.

По данным отчета QS Quacquarelli Symonds об итогах опроса студентов Великобритании¹⁵, выполненного в 2020 году, 51 % респондентов (это самый высокий показатель) считают, что

⁸ См.: Национальный план развития Ирландии в рамках проекта «Ирландия 2040» // Правительство Ирландии : официальный сайт. URL: <https://www.gov.ie/en/campaigns/09022006-project-ireland-2040/> (дата обращения: 14.07.2019)

⁹ См.: Национальный бюллетень умений и компетенций за 2018 год // Department for Further and Higher Education, Research, Innovation and Science : официальный сайт. URL: <https://www.regionalskills.ie/regions/midwest/news/national%20skills%20bulletin%202018.html> (дата обращения: 14.07.2019).

¹⁰ См.: Отчет QS. Опрос мнения поступающих в университеты. 2018 // QS : [сайт]. URL: <https://www.qs.com/qs-industry-reports/> (дата обращения: 03.07.2019).

¹¹ См.: Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования. 2018 год // Министерство науки и высшего образования РФ : официальный сайт. URL: <http://indicators.miccedu.ru/monitoring/2018/index.php?m=vpo> (дата обращения: 01.07.2019).

¹² См.: Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования. 2019 год // Министерство науки и высшего образования РФ : официальный сайт. URL: <http://indicators.miccedu.ru/monitoring/?m=vpo> (дата обращения: 09.07.2020).

¹³ См.: Отчет QS. Обзор высшего образования. Азия // QS : [сайт]. URL: <https://www.qs.com/portfolio-items/higher-education-spotlight-on-asia/> (дата обращения: 22.09.2019).

¹⁴ См.: Отчет QS. Опрос иностранных студентов. 2020 // QS : [сайт]. URL: <https://www.qs.com/qs-industry-reports/> (дата обращения: 20.07.2020).

¹⁵ См.: Отчет QS. Опрос студентов Великобритании. 2020 // QS : [сайт]. URL: <https://www.qs.com/qs-industry-reports/> (дата обращения: 16.04.2020).

университеты должны инвестировать в улучшение возможностей получения достойного рабочего места для прохождения практики и приобретения реального опыта в профессии во время обучения (work placement). На втором месте (47 % респондентов) – ожидания улучшения инфраструктуры университета для реализации научно-образовательной деятельности. Далее: 40 % указали на необходимость улучшения условий проживания; 39 % отметили необходимость увеличения возможностей для индивидуальной (один на один) работы преподавателя и студента; 38 % высказались за расширение функций служб поддержки учебной и научной деятельности студентов; 36 % респондентов хотели бы, чтобы университеты инвестировали в совершенствование содержательного наполнения учебных дисциплин; 36 % указали на необходимость развития инфраструктуры, ресурсов и системы самостоятельной работы студентов.

В связи с вышеизложенным основной задачей нашего исследования являлось изучение лучших образовательных практик ведущих зарубежных университетов в области инженерно-технической подготовки, анализ образовательных политик университетов и поддерживающих их реализацию мероприятий. Обсуждены нововведения в образовательной политике университетов, чей опыт инженерно-технической подготовки определяют новые задачи реформирования образовательных программ за счет внедрения новых технологий активного, проектного, проблемного обучения с целью формирования ключевых профессиональных и востребованных междотраслевых профессионально значимых компетенций студентов. Рассмотрены примеры организации учебного процесса университетов в сотрудничестве с работодателями, а также интегрированная в реальную производственную деятельность подготовка профессорско-преподавательского состава.

Представляется, что проведенный нами обзор современного состояния инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах позволит российским университетам провести дальнейший анализ лучших зарубежных образовательных практик с целью их возможного пилотирования и интеграции в образовательную деятельность по подготовке инженеров.

С учетом опыта проведения исследований, представленного в источниках [6–8], и практических рекомендаций по подготовке обзоров [9, 10], в данной работе для решения поставленных задач нами выполнен обзор современного состояния проблемы (the state-of-the-art review). В качестве

методов исследования нами применялись: 1) обзор документов, отчетных материалов и анализ информационных баз данных; 2) обзор результатов статистических обследований и наблюдений; 3) обзор кейсов.

Обзор документов, отчетных материалов и анализ информационных баз данных. Данные, предоставляемые научно-образовательными организациями, документы, отчетные и статистические материалы использовались нами в качестве источников информации по вопросам философии преподавания, основополагающим принципам и практикам разработки, внедрения и реализации программ бакалаврской и магистерской подготовки инженеров. Принимались во внимание данные по различным аспектам реализации образовательных программ, а именно численность поступающих на программы, численность обучающихся и сохранность контингента, другие данные о студентах (статус их трудоустройства, социальный статус и т. д.), успеваемость.

Обзор результатов статистических обследований и наблюдений. Освещались результаты научных наблюдений, данные рейтинговых агентств. Учитывались сведения об опубликованной обратной связи, предоставленной преподавателями, студентами, другими стейкхолдерами образовательного процесса подготовки инженерных кадров. Анализировались учебные планы, рабочие программы, содержание учебных дисциплин, форматы и опыт учебной деятельности, результативность методов и приемов обучения, методы формулирования и оценивания учебных достижений, а также методы оценивания отсроченных результатов обучения по программам инженерно-технической подготовки.

Обзор кейсов. Проведен обзор лучших практик с целью анализа опыта практико-ориентированного, проектного обучения, внедренных форматов учебной деятельности в рамках бакалаврской и магистерской инженерно-технической подготовки, позволяющих развивать ключевые профессиональные и междотраслевые профессионально значимые умения и компетенции.

Современные драйверы развития инженерного образования

В целях преодоления разрывов между умениями, востребованными в практической деятельности на производстве, и сформированными профессиональными и междотраслевыми профессионально значимыми умениями и компетенциями у выпускников программ инженерно-технической

подготовки рассмотрим пять основных драйверов дальнейшего развития инженерного образования. Драйверы дальнейшего развития инженерного образования представлены на основе проведенного анализа теоретических исследований в области высшего образования, обзора лучших образовательных практик инженерно-технической подготовки.

Лаборатории, в которых можно по-лучить опыт реальной практической деятельности

Сегодня в образовательных вузовских программах инженерно-технической подготовки соблюдается баланс между практическими занятиями и традиционным лекционным обучением. Образовательные программы практической направленности дополняются помимо традиционных методик обучения образовательными технологиями, позволяющими студентам применять учебный материал для решения реальных задач с первого курса обучения (университеты Гонконга, Сингапура, университеты Рассел Групп Великобритании, МИТ, Университет Штата Аризона, КИТ и др.)¹⁶.

Меняется образовательная политика университетов: студенты получают доступ к современному научно-исследовательскому оборудованию, чтобы протестировать свои идеи на практике [11].

Еще одной важной особенностью обучения и проведения научных изысканий становится принцип совместного использования оборудования внутри университета и между университетами.

Согласно данным исследования, проведенного Университетом Пердью¹⁷, студенты наиболее охотно воспринимают знаниевую компоненту и решают актуальные задачи, если они применяют знания в реалистичном контексте. С первого курса студенты, получающие инженерное образование, заняты в выполнении учебных проектов, нацеленных на решение конкретной реальной задачи. В результате к завершению обучения

они приобретают набор умений и опыт, необходимые для решения насущных проблем промышленности, позволяющие принимать самостоятельные решения, в том числе в сотрудничестве с другими людьми. Эти приобретенные в процессе реальной деятельности умения и опыт включены в профессиональный портрет выпускника в качестве межотраслевых профессионально значимых компетенций.

Ядро учебного плана – запросы работодателей

Помимо интеграции в учебный план практической компоненты образовательные программы инженерного образования активно интегрируют учебные дисциплины и учебные материалы, имеющие прямое отношение к специфике сектора экономики, где готовится работать выпускник образовательной программы. Представители промышленности и сотрудники университета разрабатывают такие учебные дисциплины и программы совместно [12–14]. Учебные дисциплины постоянно обновляются с учетом последних достижений в отрасли, результатов научно-исследовательских работ и научно-технических разработок. Студентам должны быть предоставлены самые актуальные знания и условия для развития самых востребованных умений в области их специализации с целью обеспечения успешного старта в профессиональной карьере¹⁸.

Усовершенствованная научно-исследовательская и образовательная инфраструктура

Сегодня учебные аудитории трансформируются, чтобы отвечать все возрастающим запросам на организацию обучения в сотрудничестве, поддержание интерактивности учебного процесса. Современные лаборатории – это «лаборатории открытого концепта», в которых можно работать группой, представлять результаты работы, обсуждать, делать демонстрации и ставить опыты, взаимодействовать очно и онлайн без границ. Круглые столы и технологически сложные рабочие станции заменяют индивидуальные места для обучения, чтобы создать условия для проектной и групповой работы. Вайтборды, другие визуальные средства помогают студентам визуализировать,

¹⁶ См. размещенные на официальных сайтах университетов описания образовательных программ. Например: Расселл (элитная группа университетов) : официальный сайт. URL: <https://russellgroup.ac.uk/for-students/> (дата обращения: 13.07.2019); Массачусетский технологический институт : официальный сайт. URL: <https://www.mit.edu/education/> (дата обращения: 13.07.2019); Университет Штата Аризона : официальный сайт. URL: <https://students.asu.edu/programs> (дата обращения: 13.07.2019); Технологический институт Карлсруэ : официальный сайт. URL: <https://www.kit.edu/study/index.php> (дата обращения: 16.07.2019).

¹⁷ См.: Университет Пердью: раздел опросы и оценивание // Университет Пердью : официальный сайт. URL: <https://guides.lib.purdue.edu/c.php?g=353262&p=2378604> (дата обращения: 13.07.2019).

¹⁸ См.: Руфь Грахам. Текущее состояние инженерного образования в мире. MIT // CTI : [сайт]. URL: <https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/10/Phase-1-engineering-education-benchmarking-study-2017.pdf> (дата обращения: 11.08.2019); Саймон Пумтс. Речь на вручении Премии Гордона. // National Academy of Engineering (NAE) : [сайт]. URL: <https://www.nae.edu/Gordon2021/> (дата обращения: 13.08.2019).

разрабатывать и отображать явления и процессы¹⁹. Учебные комнаты также оснащены специализированными ноутбуками, планшетами, смартбордами как дополнительными техническими средствами обучения.

Университеты тратят колоссальные средства на научно-техническое переоснащение учебного и научного процесса, чтобы опережать своих конкурентов.

Рассмотрим примеры проактивной модернизации научно-образовательной инфраструктуры университетов. Университет Саутгемптона имеет самый мощный суперкомпьютер в Великобритании и позиционирует возможности обучения по соответствующим образовательным программам²⁰, а также возможности межуниверситетского взаимодействия в проведении научных исследований [15]. Лондонский городской университет построил для всех студентов, приобретающих инженерные специальности, учебную научную мегалабораторию. В состав мегалаборатории входят 280 индивидуальных рабочих станций, это самая большая и хорошо оснащенная учебная лаборатория в Европе²¹. В мегалаборатории проводятся исследования в области микробиологии, выращивания живой ткани, имеются термокриокамеры, комната ядерного магнитного резонанса, лаборатории психологии питания и технологий пищевого производства и др. В числе учебных задач мегалаборатории – предоставить студентам различных специальностей возможности сотрудничать в естественной среде общения, помогая друг другу в постановке экспериментов, решении учебных и реальных научно-исследовательских задач.

Специальное обучающее программное обеспечение

Учебники и монографии являются важной составляющей учебно-методического оснащения процесса обучения. Они формируют профессиональный профиль ученого и преподавателя университета, позволяют повышать узнаваемость

последнего посредством рекламы и продвижения его исключительных интеллектуальных продуктов.

Сегодня интеграция специального обучающего программного обеспечения в процесс подготовки по инженерным образовательным программам позволяет быстро обновлять учебно-методические материалы, включать в учебный процесс описание недавних открытий и новых технологий [16]. Университеты создают специальные адаптивные образовательные платформы в поддержку учебного плана образовательной программы. Основная задача таких платформ – помочь студенту сформировать свою собственную траекторию освоения материала курса или раздела. Кроме того, данные платформы позволяют проанализировать объекты оценивания и ожидания относительно учебных достижений, выбрать специализированную траекторию овладения учебным материалом, а также организовать своевременную продуктивную обратную связь по вопросам прогресса в обучении. Задача таких платформ – помочь студенту лучше готовиться к занятиям, поддерживать мотивацию к обучению, поиску, к овладению знаниями и к их переработке. Примерами таких платформ являются разработки Университета Ланкастера²², Университета Саутгемптона²³, общеуниверситетские платформы, например платформа Mathtutor²⁴. Отметим, что работа на таких платформах выполняется как самостоятельная и не оценивается в кредитах или в баллах. Основная задача ресурсов – помочь студентам заполнить пробелы в необходимых знаниях или пройти опережающую подготовку, что и заявлено разработчиками платформ в их описании.

В центре внимания – профессионально значимые умения

Студенты инженерных специальностей, чтобы преуспеть в избранной профессии, нуждаются в дополнении к освоению основного учебного плана в возможностях развития нетехнических умений. Испытывая давление со стороны специалистов, работающих в сфере промышленности, университеты ускоренно внедряют программы или

¹⁹ См.: Ханас Дж. Новые тренды в инженерном образовании // Университет Бристоля : официальный сайт. URL: <http://www.bris.ac.uk/engineering/research/eerg/> (дата обращения: 01.08.2019).

²⁰ См.: Один из мощнейших суперкомпьютеров в мире прибывает в университет // Университет Саутгемптона : официальный сайт. URL: <https://www.southampton.ac.uk/isolutions/news/2018/03/14-one-of-the-worlds-most-powerful-supercomputer.page> (дата обращения: 17.08.2019); Вычисления на суперкомпьютерах // Там же. URL: <https://www.southampton.ac.uk/isolutions/staff/high-performance-computing.page> (дата обращения: 17.08.2019).

²¹ См.: Лондонский городской университет. Учебная научная мегалаборатория // Лондонский городской университет : официальный сайт. URL: <https://www.londonmet.ac.uk/services-and-facilities/science-labs/> (дата обращения: 15.07.2019).

²² См.: Официальный сайт проекта «Образовательная среда Университета Ланкастера» // Университет Ланкастера : официальный сайт проекта Образовательная среда. URL: <https://lancaster-uk.libcal.com/reserve/learningzonepods> (дата обращения: 05.09.2019).

²³ См.: Электронный образовательный ресурс «Английский в академических целях» EAP ToolKit Университета Саутгемптона (UoS) // eLanguages : [сайт]. URL: https://www.elanguages.ac.uk/eap_toolkit.php (дата обращения: 05.09.2019).

²⁴ См.: Открытая образовательная платформа Mathtutor : [сайт]. URL: <http://www.mathtutor.ac.uk/> (дата обращения: 21.08.2019).

курсы по развитию у студентов междотраслевых профессионально значимых умений. В ведущих инженерных образовательных учреждениях студентов сегодня обучают умению выступать публично, у них вырабатывают умения письменной речи, проводятся занятия по подготовке к карьере в отрасли [1, 17, 18].

Далее мы рассмотрим примеры лучших образовательных практик ведущих зарубежных университетов в области организации инженерно-технической подготовки. Отметим, что в рамках обсуждаемых трендов развития инженерно-технического образования системы высшего образования различных стран демонстрируют готовность анализировать текущий опыт инженерно-технической подготовки, адаптироваться к изменениям в технологиях и к меняющимся ожиданиям и запросам общества, экономики, промышленности.

Опыт инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах

Обсуждаемый опыт инженерно-технической подготовки представлен на примере ведущих зарубежных университетов. При выборе университетов для анализа их научно-образовательной деятельности рассматривались стратегии реализации ими образовательной деятельности; позиции в мировом рейтинге; учитывалась категория университетов.

Университеты, чей опыт подготовки инженерных кадров обсуждается ниже, объединяет выбранная стратегия реализации образовательной деятельности – реформа образовательных программ инженерного образования. Цель реформы в общем может быть представлена как комплексная модернизация инженерно-технической подготовки, систем оценивания и обеспечения качества образовательной деятельности. Реформы

инженерно-технической подготовки в данных университетах предполагают внедрение новых образовательных технологий активного, проектного, проблемного обучения, а также качественные изменения в форматах образовательных мероприятий и содержательном наполнении заданий, реализуемых в рамках образовательных технологий.

Рассматриваемые нами университеты занимают стабильные позиции в ведущих образовательных рейтингах, динамика продвижения данных университетов в рейтинге университетов мира QS (QS World University Rankings)²⁵ приведена в таблице.

Все представленные университеты являются исследовательскими (категория *research intensive university*), в том числе активно выполняющими заказы промышленности.

Массачусетский технологический институт (MIT), США

Концепция образовательной деятельности Массачусетского технологического института подразумевает формирование у студентов культуры познания посредством участия (*learning by doing*). В фокусе образовательной деятельности – междисциплинарные программы, где студенты работают над реальными проектами, имеющими социальное значение для общества. Так, традиционное обучение по инженерным программам бакалавриата начинается с представления базовых концепций и фундаментальных знаний с отсроченным применением их на практике. Учебный план инженерных программ бакалавриата MIT нацелен на представление ключевых принципов и тем в области разработки и инженерии. В целях поддержания мотивации студентов к выполнению разработок бакалавры вовлекаются в реальные

²⁵ См.: Рейтинг университетов мира QS // QS World Wide University Rankings : официальный сайт. URL: <https://www.topuniversities.com/university-rankings> (дата обращения: 15.09.2020).

Рейтинг университетов мира QS (QS World University Rankings) по данным за 2018–2020 годы QS World University Rankings, 2018–2020

№ п/п	Название университета	Позиция в рейтинге		
		2018 год	2019 год	2020 год
1	Массачусетский технологический институт (MIT), США	1	1	1
2	Гонконгский политехнический университет (PolyU), Китай	= 95	106	91
3	Университет Саутгемптона (UoS), Великобритания	= 102	96	97
4	Университет Ланкастера (Lancaster Uni), Великобритания	= 135	131	128
5	Технологический институт Карлсруэ (KIT), Германия	107	116	124

проекты по поиску новых инженерных решений с первого года обучения²⁶.

Программа MIT «Новые трансформации в инженерном образовании» (NEET) запущена в 2017 году с целью переоснастить инженерное образование в MIT. Данная программа является межфакультетской по характеру реализации и сфокусирована на встроенном, проектно-ориентированном обучении, позволяющем развить у студентов важные умения, знания, личностные и профессиональные качества, востребованные в XXI веке. Одной из задач программы NEET является генерирование новых способов мышления. Потоки (threads) программы дают студентам возможность погружения в междисциплинарные проекты во время обучения по основной образовательной программе²⁷.

Программа целиком построена вокруг актуальных тематик, наиболее востребованных современной промышленностью, и начинается со второго курса бакалавриата. Студенты обучаются в рамках выбранной основной специализации и одновременно получают сертификат NEET в выбранном потоке. Согласно концепции NEET участники программы готовятся стать инженерами, новаторами, и предпринимателями, которые будут конструировать новые установки, решать социальные задачи XXI века.

Данная программа реализует подход, в центре которого – проектная работа. Студенты выбирают поток из специальных межфакультетских курсов и проектов, в то время как фундаментальные дисциплины продолжают преподаваться в соответствии с требованиями отделений. Поскольку потоки реализуются на уровне межфакультетского взаимодействия, для выполнения общего проекта формируются студенческие группы (cohorts). Оценивание основано как на успеваемости по учебным дисциплинам, так и на результатах выполнения проекта. Задачами и объектами оценивания в проекте NEET являются и усвоение знаний, и демонстрация способности их применения.

Обычно студенты участвуют в течение одного года в одном проекте. Одно из требований

к проектам – их тщательное структурирование и соответствие запланированным результатам обучения. Проекты не нацелены на неуправляемый поиск и случайные открытия.

В целях поддержки специфики данной программы внедрен индивидуальный коучинг. Данный методический формат позволяет студентам своевременно фокусировать свое время и усилия на определенных группах умений и на компетенциях, необходимых в ходе выполнения проекта, от развития навыка работы в группе до овладения опытом межличностных коммуникаций и выработки лидерских качеств.

Поскольку программа NEET нацелена на развитие у будущих инженеров междисциплинарных профессионально значимых умений, а также необходимых этических и моральных качеств будущих инженеров, в поддержку качества обучения в проектах и семинарах NEET разработаны четыре модуля (личностные умения и отношение; самообучение; критическое мышление; творческое мышление), три из которых получили поддержку и награду конкурса «Признание выдающихся практик в образовании Фонда d'Arbeloff»²⁸.

Каждый поток дает студентам уникальную возможность погрузиться в проектную работу междисциплинарного характера и в то же время получить степень по выбранной основной специализации.

Действующие сегодня потоки NEET:

- Автономные механизмы;
- Живые машины;
- Цифровые города;
- Применение возобновляемой энергии;
- Применение перспективных материалов.

Гонконгский политехнический университет (PolyU), Китай

В рамках политики реализации образовательной деятельности Гонконгский политехнический университет сформулировал и принял к исполнению указанные ниже принципы.

1. Образовательная деятельность ориентирована на достижение реального результата (outcome-based education). Оценивание учебных достижений студентов проводится в соответствии с номенклатурой желаемых качеств выпускников: профессиональные компетенции; критическое мышление; эффективные умения взаимодействия;

²⁶ См.: Массачусетский технологический институт. Концепция образовательной деятельности. MIT Education // MIT : официальный сайт. URL: <https://www.mit.edu/education/> (дата обращения: 19.08.2019); Массачусетский технологический институт. Образовательная программа бакалавриата Fundamentals of Engineering Design: Explore Space, Sea and Earth // Там же. URL: <http://news.mit.edu/2019/first-year-students-learn-fundamental-principles-by-creating-1127> (дата обращения: 05.12.2019).

²⁷ См.: Программа MIT «Новые трансформации в инженерном образовании» (MIT New Engineering Education Transformation – NEET) // MIT : официальный сайт. URL: <http://neet.mit.edu/> (дата обращения: 13.11.2019).

²⁸ См.: Фонд d'Arbeloff. The d'Arbeloff Fund for Excellence in Education // MIT : официальный сайт. URL: <https://registrar.mit.edu/faculty-curriculum-support/education-initiatives-funding/darbeloff-fund-excellence-education> (дата обращения: 14.08.2019).

применение инновационных методов решения задач; способность обучаться на протяжении всей жизни; лидерство; соблюдение этических норм и др.

2. Программы развития студентов (student development programmes) поддерживают учебную деятельность и способствуют обеспечению ее высокого качества²⁹.

PolyU предлагает программы подготовки лидеров будущего – всесторонне развитых выпускников, обладающих критическим мышлением, эффективными стратегиями общения, способных инновационными методами решать задачи, обучаться через всю жизнь, понимающих и соблюдающих этические нормы в управлении, обладающих глубоким чувством социальной цели, а также широким, глобальным кругозором.

Также PolyU предлагает своим студентам различные форматы реализации предпринимательской деятельности. Основным принцип данного подхода – развитие предпринимательских умений за пределами учебной аудитории («out-of-classroom» entrepreneurship).

Так, в 2005 году PolyU первым в Гонконге внедрил концепцию опыта работы, интегрированного в образовательную деятельность (Work-integrated education – WIE), в качестве обязательного компонента программ бакалавриата. В настоящее время студенты PolyU могут выбрать из программ, предлагаемых университетом, WIE за рубежом, WIE в Гонконге, WIE в Китае. В 2018 году был реализован проект WIE в России.

В поддержку реализации концепции WIE разработаны и предъявляются специальные требования: обучение, связанное с получением опыта работы, проходит организованно и в соответствии с будущей профессией студента либо в целях развития у него междотраслевых компетенций, которые будут востребованы для данной профессии. На развитие предпринимательских умений, гибкости мышления, деловых качеств, получение реального бизнес-опыта направлена в том числе система грантов, поддерживающих студентов и выпускников PolyU в создании первого собственного бизнеса.

²⁹ См.: Документация по регламентированию образовательной деятельности // Гонконгский политехнический университет : официальный сайт. URL: <https://www.polyu.edu.hk/> (дата обращения: 19.07.2019); Джоан де Рой. Проект PolyU. Совершенствование механизмов интеграции и встраивание практико-ориентированных целей обучения, достигаемых средствами английского языка, в процедуры оценивания выполняемых студентами заданий по учебной дисциплине профессионального цикла подготовки // Там же. URL: https://www.polyu.edu.hk/obe/Reports/2010-12_OBE_derooy_completion_report.pdf (дата обращения: 19.07.2019).

Университет Ланкастера (Lancaster University), Великобритания

Университет Ланкастера в рамках реализации политики образовательной деятельности сформулировал следующие задачи:

– развитие образовательной деятельности на основе научных изысканий (research-stimulated teaching);

– развитие гибкой образовательной среды посредством использования технологий дистанционного и открытого обучения;

– усиление роли выпускников как гражданских лидеров, развитие тесных и инновационных взаимоотношений с бизнесом и работодателями, а также с общественностью, политиками и практикующими специалистами³⁰.

Образовательная деятельность на основе научных изысканий реализуется посредством Программы вовлеченности студентов. Эта программа разработана для студентов 3-го курса бакалавриата и 4-го года обучения по интегрированным магистерским программам и включает в числе прочих мероприятий выполнение проектных групповых проектов.

Студенты 3-го курса бакалавриата по физике целый год работают в небольших командах над промышленным проектом, что является частью их подготовки в рамках образовательной программы.

Цель выполнения таких проектов – решение реальной проблемы, а не выполнение тренировочных упражнений. Одно из требований к компаниям – участникам такого обучения – предъявление проблемы, которую они действительно хотят решить. Проекты могут включать предпроектное исследование новой идеи, тестирование или улучшение новых приборов, материалов или концептов, производство прототипа оборудования. Спектр компаний, которые ранее сотрудничали с университетом и участвуют в данной программе, охватывает и крупные международные компании, и небольшие местные компании и некоммерческие организации.

Проекты выполняются бесплатно или при небольшой стоимости. Заинтересованные компании не платят за время студентов или преподавателей. Компании могут внести свой вклад другими ресурсами (сдача в наем или покупка оборудования, предоставление образцов, расходных материалов или покрытие текущих расходов). Правильно

³⁰ См.: Стратегия развития Университета Ланкастера 2020 // Университет Ланкастера : официальный сайт. URL: <https://www.lancaster.ac.uk/strategic-planning-and-governance/strategic-plan/> (дата обращения: 10.09.2019).

спланированный хороший проект часто приводит к финансируемому в дальнейшем научно-исследовательским разработкам. Многие проекты прошлых лет заканчивались продуктами, которые можно довести до коммерческого внедрения.

Результаты выполнения проекта могут обладать коммерческой ценностью для клиента, но проект не должен иметь дело с охраняемыми патентованными или коммерчески сенситивными знаниями. В таких проектах неизбежно присутствует сильная прикладная или инженерная составляющая. Однако университет выдвигает требование о том, что проекты должны иметь отношение к физике, быть ориентированными на решение технических задач.

Примеры проектов:

- «Исследование рассеивания света для коммерческих детекторов дыма»;
- «Изучение газодиффузионных свойств слюев топливных элементов»;
- «Разработка автоматизированного оснащения для тестирования чистящих средств»;
- «Тестирование новой пластиковой упаковки для пищевой промышленности».

В поддержку образовательного процесса в Университете Ланкастера разработаны образовательные продукты, системно интегрированные в общую концепцию его гибкой образовательной среды. Цель подобных образовательных продуктов – формирование профессионально значимых умений в рамках выполнения проектной, самостоятельной работы с целью оснащения студента дополнительными умениями, необходимыми для будущей профессиональной деятельности [19].

Проект Университета Ланкастера «Образовательная среда» включает семинары, онлайн-инструментарии, в том числе нацеленные на развитие умений академического письма, цифровых умений, творческого решения задач, умений в области математических вычислений и статистики, умений научного поиска и оформления результатов научно-исследовательской работы.

Отдельное внимание уделяется адаптации студентов к условиям и требованиям образовательного процесса университета³¹. Введены должности академического тьютора, помощника по образовательной деятельности, работает отдел консультирования по вопросам прогресса в обучении и профессионального самоопределения.

Университет Саутгемптона (UoS), Великобритания

В основе концепции образовательной деятельности Университета Саутгемптона – интегрированные возможности получить опыт реальной работы во время обучения. Среди нововведений предложена такая опция, как гибкая программа бакалавриата. Данная опция подразумевает, что студент может персонализировать свою программу обучения, выбрав дополнительный междисциплинарный модуль, развивая свои умения от бизнес-планирования до знаний о жизни в космосе [20].

Университет Саутгемптона предлагает студентам и другие способы персонализировать свою образовательную программу. Основная задача – создать образовательную среду и предоставить студентам возможности и условия для приращения знаний и развития умений в более чем одной области специализации. Помимо междисциплинарных модулей и получения основной степени (бакалавр, магистр, PhD) студенты UoS могут выбрать вторую специализацию; выучить иностранный язык; пройти практическое обучение на рабочем месте.

UoS реализует образовательные программы бакалавриата, магистратуры, PhD с интегрированным годом в промышленности – годом определения на должность, или сэндвич-годом. Главная задача данного формата обучения – соотносить полученные академические знания и умения с современной промышленной практикой. Год в промышленности можно выбрать после второго или третьего года обучения. Прогресс студента в течение и по итогам года в промышленности оценивается профессорско-преподавательским составом университета и экспертами из промышленного сектора. Помимо развития профессиональных интеллектуальных и научно-исследовательских умений год в промышленности также преследует цели формирования у студента междисциплинарных профессионально значимых умений, включающих:

- формирование понимания практических приемов трудовой деятельности и рабочей среды компании, в которой студент проведет год на рабочем месте;
- оценивание рисков относительно здоровья и безопасности работы в промышленности; умение определять процедуры, чтобы свести эти риски к минимуму;
- способность работать в команде на разных позициях, от руководителя до исполнителя проекта;

³¹ См.: Отчет Университета Ланкастера о реализации образовательной деятельности // Университет Ланкастера : официальный сайт. URL: <https://www.lancaster.ac.uk/study/teaching-and-learning/> (дата обращения: 10.09.2019).

– понимание важности прав интеллектуальной собственности и вопросов конфиденциальности в отношении работы над проектом в промышленности;

– понимание анализа затрат.

В основе новой организации обучения лежат технологии проблемно-ориентированного, проектного обучения [21].

В связи с усложнением форматов учебной деятельности в Университете Саутгемптона отдельное внимание уделяется режиму рабочего дня студентов, их адаптации к новым условиям обучения и жизни, планированию учебных и других нагрузок. UoS также ввел должность персонального академического тьютора.

Технологический институт Карлсруэ (KIT), Германия

Технологический институт Карлсруэ в рамках политики реализации образовательной деятельности реализует проект подготовки научно-педагогических работников, определив в качестве одной из своих задач инвестиции в профессиональную подготовку профессорско-преподавательского состава [22].

Работа одновременно в должности профессора и в промышленном секторе является одним из центральных инновационных элементов Концепции будущего КИТ, представленной в рамках Инициатив превосходства (the Excellence Initiative) [23]. Модель реализации данного формата заключается в том, что сотрудник на совмещении должности профессора и работы в промышленности трудится половину времени в промышленном секторе, а другую часть времени – в КИТ. В 2008 году первый сотрудник, назначенный на такую должность, Dr. Gisela Lanza, начальник отдела производственных систем Института технологий производства, начала работать в Технологическом институте Карлсруэ и в автомобильном концерне Daimler AG.

Основная идея нового, приближенного к промышленности, профессорства (shared professorship) сроком сначала на 4 года заключается в создании и поддержании связей между КИТ и промышленностью посредством трансферта талантов в оба направления. Профессорство финансируется наполовину из фондов Инициатив превосходства и наполовину – соответствующим представителем промышленности [24]. Назначения на данные должности рекомендуются Советом по исследованиям и продвижению молодых ученых, который состоит из представителей университета и Исследовательского

центра Карлсруэ, кандидатуры также одобряются Исполнительным советом КИТ. Сегодня партнерами КИТ являются концерн Daimler AG, Bosch, SAP, BASF, Bayer, Roche, Harman/Becker Automotive Systems, SAT Kerntechnik и два Института Фраунгофера (IPTB и IAF).

Инновационные образовательные практики ведущих зарубежных университетов рассмотрены нами в рамках формулируемых ими задач развития образовательной деятельности. Отметим, что в каждом из университетов, чей опыт инженерно-технической подготовки обсуждается в данной статье, реализуется системная реформа образовательной деятельности. Реформирование образовательной деятельности ведется по трем направлениям:

– углубленная специализация, предоставление студентам возможности получить за время обучения дополнительную специализацию;

– формирование партнерств с представителями промышленного сектора на университетском уровне, предоставление возможностей студентам формировать свои профессиональные связи в промышленности в период практического обучения на производстве;

– последовательное внедрение инноваций в образовательные практики с целью развития ключевых профессиональных умений, междотраслевых профессионально значимых умений.

Модернизация инженерно-технической подготовки университетов предполагает инвестиции в развитие новых компетенций научно-педагогических работников [25, 26].

Активно развивается онлайн-поддержка образовательного процесса [27]. Спецификой электронной образовательной среды ведущих зарубежных университетов является формирование новой концепции самообразования через технологии формирования умений самостоятельного анализа пробелов в собственном образовании и развитии, поиск информации и ресурсов для развития недостающих умений. Самоорганизуемая самостоятельная работа позволяет индивидуализировать процесс обучения каждого студента в зависимости от выбранной им траектории обучения, специализации, текущего прогресса в обучении.

Самостоятельная работа студента в зарубежных университетах поддерживается образовательными онлайн-инструментариями. Цель таких инструментариев – предоставить студенту возможность из множества учебных материалов самостоятельно выбрать тот модуль, освоив тематику которого он сможет повысить свой уровень знаний и умений. Такая работа не оценивается

в баллах или кредитах, поскольку является необходимым условием успешного освоения программ бакалавриата или магистратуры.

Ведущие зарубежные университеты отказались от выравнивающих курсов. Новое в образовательной политике – это позиционирование элитного образования, содержательно высокоинтеллектуального, но доступного каждому студенту, обучающемуся в данном университете. Именно исходя из этого главного принципа реализации образовательной политики и выстраивается очное обучение (введены новые должности и функциональные обязанности, в том числе тьюторы, личные консультанты, приписанные к студенту на весь период обучения), организуются онлайн-обучение и самообучение, насыщенное опциями обратной связи для поддержки различных форматов учебной деятельности [28].

В связи с внедрением новых форматов образовательной деятельности и сменой образовательных технологий меняются политика оценивания, объекты и критерии оценивания учебных достижений студентов.

Проведенный нами анализ опыта образовательных практик ведущих зарубежных университетов позволяет заключить, что все большее значение приобретают творческие инженерные задачи и проекты (open-ended tasks, open-ended projects). Помимо знаний и умений у студента оцениваются готовность и способность пользоваться ими на рабочем месте, принимать решения в экстремальных ситуациях, осознавать риски и брать на себя ответственность за принятые решения в реальных условиях профессиональной деятельности. В образовательный процесс внедряется все большее количество разнообразных видов и форм оценивания, опросов (survey, quiz), различных форм прямой и отсроченной обратной связи со студентами и другими участниками образовательного процесса, и, следовательно, существенно изменяются характер и модели очного и онлайн-коммуникативного взаимодействия преподавателя и студентов [29, 30].

Все большую важность приобретают сегодня нравственные нормы и моральные качества будущих инженеров, и университеты все большее внимание уделяют развитию личностных качеств студентов, формированию у них чувства социальной ответственности.

Выводы

Нами проведен обзор современного состояния проблемы (the state-of-the-art review) и применены следующие методы исследования:

- обзор документов, отчетных материалов;
- анализ информационных баз данных, результатов статистических обследований и наблюдений;
- обзор образовательных кейсов.

Использование данных методов исследования позволило нам изучить лучшие образовательные практики ведущих зарубежных вузов в области инженерно-технической подготовки.

В статье указаны основные драйверы дальнейшего развития инженерного образования:

- формирование лабораторий нового типа, обеспечивающих доступ к научному оборудованию для приобретения студентами реального опыта практической деятельности;
- разработка учебных планов в соответствии с запросами работодателей в целях формирования у обучающихся ключевых профессиональных компетенций;
- совершенствование научно-исследовательской и образовательной инфраструктуры инженерно-технической подготовки;
- интеграция в учебный процесс специального обучающего программного обеспечения, позволяющего студентам формировать собственную траекторию освоения материала и самооценивания своих учебных достижений;

– интеграция форматов обучения, обеспечивающих формирование востребованных междисциплинарных профессионально значимых компетенций.

Лучшие практики подготовки инженерных кадров представлены на примере ведущих зарубежных университетов, чей опыт инженерно-технической подготовки определяется новыми задачами реформирования образовательных программ посредством внедрения новых образовательных технологий – технологий активного, проектного, проблемного обучения.

Как показал выполненный нами обзор лучших образовательных практик, подходы к реализации инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах характеризуются разнообразием форматов учебной деятельности и применяемых образовательных технологий. Тем не менее эти подходы к реализации инженерно-технической подготовки объединены общим принципом интеграции практической деятельности в рамках будущей профессии в текущую учебную деятельность студентов.

Реализуемые модели и форматы инженерно-технической подготовки консолидируют триединство образовательных целей подготовки инженеров нового поколения. Профессиональный портрет выпускника включает сегодня компетенции

ученого, инженера и предпринимателя. Кроме того, наряду с формированием профессиональных компетенций одной из приоритетных задач становится формирование междотраслевых профессионально значимых умений и компетенций (в области менеджмента, коммуникации и др.).

Обсуждаемые в данной статье изменения современного состояния инженерно-технической подготовки в ведущих зарубежных университетах могут быть использованы для пилотирования и интеграции лучших практик в образовательную деятельность по подготовке инженеров в российских университетах.

Заключение

Представляется, что разработку концепции инженерно-технической подготовки для конкретного университета целесообразно осуществлять с учетом вышеуказанных принципов и подходов, принимая во внимание специфику внутренней и внешней среды конкретного научно-образовательного учреждения.

Как показывает опыт ведущих зарубежных университетов, разработка образовательной политики высшего учебного заведения строится на взаимоувязанных элементах. В число основных элементов входят:

- организация деятельности преподавания (teaching);
- построение траектории повышения квалификации научно-преподавательского состава (staff development);
- трансформация процесса обучения (learning), включающая вариативность приобретаемого студентами образовательного опыта, что позволит им овладеть гибкими междотраслевыми профессионально значимыми умениями и компетенциями; усвоить глубокие профессиональные знания и приобрести профессиональные умения и компетенции; выработать в себе готовность применять их на рабочем месте в промышленности.

Внедрение отдельных образовательных практик по примеру зарубежных университетов может носить пилотный характер, поскольку перестройка образовательного процесса инженерно-технической подготовки подразумевает реализацию системного подхода к самой концепции образовательной деятельности, спроектированной по результатам анализа последних мировых достижений в области высшего инженерного образования и понимания тенденций развития промышленных отраслей, определяющих спрос на выпускников инженерных специальностей.

Список литературы

1. *Mejtoft T., Vesterberg J.* Integration of Generic Skills in Engineering Education: Increased Student Engagement. Proceedings of the 13th International CDIO Conference, University of Calgary. Calgary, Canada, 2017. June 18–22 // CDIO. Conceive, Design, Implement, Operate : [сайт]. URL: <http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/integration-generic-skills-engineering-education-increased-student> (дата обращения: 07.08.2019).
2. *Coskin S., Kayikci Ya., Gencay E.* Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision // *Technologies*. 2019. Vol. 7, Article number 10. P. 1–13. DOI 10.3390/technologies7010010.
3. *Сысоев А. А., Весна Е. Б., Александров Ю. И.* О современной модели инженерной подготовки // *Высшее образование в России*. 2019. Т. 28, № 7. С. 94–101. DOI 10.31992/0869-3617-2019-28-7-94-101.
4. *Чучалин А. И.* Инженерное образование в эпоху индустриальной революции и цифровой экономики // *Высшее образование в России*. 2018. Т. 27, № 10. С. 47–62. DOI 10.31992/0869-3617-2018-27-10-47-62.
5. *Chuchalin A. I.* The CDIO-FCDI-FFCD Rubrics for Evaluation of Three-Cycle Engineering Programs // *Higher Education in Russia*. 2019. Vol. 28, nr 10. P. 58–72. DOI 10.31992/0869-3617-2019-28-10-58-72.
6. *Gant M., Booth A. A.* A Typology of Reviews: An Analysis of 14 Review Types and Associated Methodologies // *Health Information and Libraries Journal*. 2009. Vol. 26, nr 2. P. 91–108. DOI 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x.
7. *Раицкая Л. К., Тихонова Е. В.* Обзор как перспективный вид научной публикации: его типы и характеристики // *Научный редактор и издатель*. 2019. Том 4, № 3/4. С. 131–139. DOI 10.24069/2542-0267-2019-3-4-131-139.
8. *Раицкая Л. К., Тихонова Е. В.* Обзор обзоров как инструмент выявления трендов в исследуемой области знания // *Высшее образование в России*. 2020. Т. 29, № 3. С. 37–57. DOI 10.31992/0869-3617-2020-29-3-37-57.
9. *Arksey H., O'Malley L.* Scoping Studies: Towards a Methodological Framework // *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*. 2005. Vol. 8, nr 1. P. 19–32. DOI 10.1080/1364557032000119616.
10. A Scoping Review to Understand Simulation Used in Interprofessional Education / C. A. Lee, K. Pais, S. Kelling, O. S. Anderson // *Journal of Interprofessional Education and Practice*. 2018. Vol. 13. P. 15–23. DOI 10.1016/j.xjep.2018.08.003.
11. Performance Trajectory of Students in the Engineering Disciplines / K. M. Orr, I. Ngambeki, R. A. Long, M. W. Ohland // *Proceedings – Frontiers in Education Conference*. 2011. P. 1720–1723. DOI 10.1109/FIE.2011.6143005.
12. *Rabinovitch J., Parziale N.* The Caltech Space Challenge: Lessons Learnt and Future Plans // 65th International Astronautical Congress. Toronto, Canada, 2014. P. 1–8.
13. *Maunder R. G.* Innovation in the Undergraduate Microelectronics Programmes at the University of Southampton // 11th European Workshop on Microelectronics Education (EWME). Southampton, 2016. P. 1–6. DOI 10.1109/EWME.2016.7496459.

14. Oriogun P., Haynes R., French F. Using the Enhanced Problem-based Learning Grid: Three Multimedia Case Studies. *Winds of Changing in the Sea of Learning, Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australian Society for Computers in Tertiary Education (ASCILITE)*. Auckland, New Zealand, 2002. P. 8–11.
15. Iridis-pi: A Low-Cost, Compact Demonstration Cluster / S. J. Cox, J. T. Cox, R. Boardman [et al.] // *Cluster Computing*. 2014. Vol. 17. P. 349–358. DOI 10.1007/s10586-013-0282-7.
16. Rosen M. A. Engineering Education: Future Trends and Advances // *Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Engineering Education (EDUCATION'09)*. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS). Stevens Point, Wisconsin, USA, 2009. P. 44–52. DOI 10.5555/1864130.
17. Rewani R., Alam M. A Comparative Review on Generic Attributes in Engineering Education of Different Country // *Proceedings of the Joint 8th IFEE2017 and 3rd TSDIC2017 Conferences*, April 8–20, 2017. Shariyah, United Arab Emirates, 2017. P. 1–10.
18. Conditions for Transformative Learning for Sustainable Development: a Theoretical Review and Approach / M. Bostroem, E. Andersson, M. Berf [et al.] // *Sustainability*. 2018. Vol. 10, nr. 12. P. 44–79. DOI 10.3390/su10124479.
19. Design Engineering Competencies: Future Requirements and Predicted Changes in the Forthcoming Decade / M. A. Robinson, P. Sparrow, Ch. Clegg, K. Birdi // *Design Studies*. 2005. Vol. 26, nr 2. P. 123–153. DOI 10.1016/j.destud.2004.09.004.
20. 'Mission Employable': Creating a Student-led Employability Strategy for the Faculty of Humanities, University of Southampton / Ch. Medland, J. Tribe, A. Dudley [et al.] // *Journal of Educational Innovation, Partnership and Change*. 2015. Vol. 1, nr 1. DOI 10.21100/jeipcvli1.207.
21. Preecha T., Lester G., Urairat M. A Study of Students' Conception of Problem Situations: Using Conceptualization in Scenario-Based Learning // G. Hanke, M. Spaniol, K. Osathanunkul [et al.] (eds.). *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2018*. Vol. 11007. Springer Verlag, 2018. P. 47–53. DOI 10.1007/978-3-319-96565-9_5.
22. Runge W. Technology Entrepreneurship. A Treatise on Entrepreneurs and Entrepreneurship for and in Technology Ventures. Vol. 2. *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*, 2014. 642 p. DOI 10.5445/KSP/1000036460.
23. DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft). Excellence Initiative at a Glance. Bonn : Brandt GmbH Druckerei und Verlag, 2013. 124 p.
24. Möller T., Schmidt M., Hornbostel S. Assessing the Effects of the German Excellence Initiative with Bibliometric Methods // *Scientometrics*. 2016. Vol. 109, nr 3. P. 2217–2239. DOI 10.1007/s11192-016-2090-3.
25. Influencing Variables and Moderators of Transfer of Learning to the Workplace within the Area of Staff Development in Higher Education: Research Review / C. Rijdt de, A. Stes, C. Vleuten van der, F. Duchy // *Educational Research Review*. 2013. Nr. 8. P. 48–74. DOI 10.1016/j.edurev.2012.05.007.
26. Другова Е. А. Ключевые характеристики программ преподавательского совершенства для академических лидеров. Обзор опыта высокорейтинговых университетов на материале зарубежных публикаций // *Вопросы образования*. 2019. № 4. С. 8–29. DOI 10.17323/1814-9545-2019-4-8-29.
27. Baran E., Correia A.-P., Thompson A. Transforming Online Teaching Practice: Critical Analysis of the Literature on the Roles and Competences of Online Teachers // *Distance Education*. 2011. Vol. 32, nr 3. P. 421–439. DOI 10.1080/01587919.2011.610293.
28. Torres J. T., Higheagle Strong Z., Adesope O. Reflection through Assessment: A Systematic Narrative Review of Teacher Feedback and Student Self-Perception // *Studies in Higher Education*. 2020. Vol. 64, Article 100814. P. 1–7. DOI 10.1016/j.stueduc.2019.100814.
29. Influencing Academic Motivation: The Effects of Student-Faculty Interaction / T. Trolan, E. Jach, J. Hanson, E. Pascarella // *Journal of College Student Development*. 2016. Vol. 57, nr 7. P. 810–826. DOI 10.1353/csd.2016.0080.
30. Hagenauer G., Volet Simone E. Teacher – Student Relationship at University: an Important yet Under-Researched Field // *Oxford Review Education*. 2014. Vol. 40, nr 3. P. 370–388. DOI 10.1080/03054985.2014.921613.

References

1. Mejtoft T., Vesterberg J. Integration of Generic Skills in Engineering Education: Increased Student Engagement, available at: <http://www.cdio.org/knowledge-library/documents/integration-generic-skills-engineering-education-increased-student> (accessed 07.08.2019). (In Eng.).
2. Coskin S., Kayikci Ya., Gencay E. Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. *Technologies*, 2019, vol. 7, Article nr 10, pp. 1–13. doi 10.3390/technologies7010010. (In Eng.).
3. Sysoev A. A., Vesna E. B., Aleksandrov Yu. I. O sovremennoi modeli inzhenernoi podgotovki [About a New Model of Engineering Training]. *Vyshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2019, vol. 28, nr 7, pp. 94–101. doi 10.31992/0869-3617-2019-28-7-94-101. (In Russ.).
4. Chuchalin A. I. Inzhenernoe obrazovanie v epokhy industrial'noi i zhifrovoi ekonomiki [Engineering Education in the Epoch of Industrial Revolution and Digital Economy]. *Vyshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2018, vol. 27, nr 10, pp. 47–62. doi 10.31992/0869-3617-2018-27-10-47-62. (In Russ.).
5. Chuchalin A. I. The CDIO-FCDI-FFCD Rubrics for Evaluation of Three-Cycle Engineering Programs. *Vyshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2019, vol. 28, nr 10, pp. 58–72. doi 10.31992/0869-3617-2019-28-10-58-72. (In Eng.).
6. Gant M., Booth A. A. Topology of Reviews: An Analysis of 14 Review Types and Associated Methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 2009, vol. 26, nr 2, pp. 91–108. doi 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x. (In Eng.).
7. Raitskaya L. L., Tikhonova E. V. Obzor kak perspektivnyi vid nauchnoi publikatsii: ego tipy i kharakteristiki [Reviews as a Promising Kind of Scholarly Publication, Its Types and Characteristics]. *Nauchnyi redaktor i izdatel'* [Science Editor and Publisher], 2019, vol. 4, nr 3/4, pp. 131–139. doi 10.24069/2542-0267-2019-3-4-131-139. (In Russ.).

8. Raitskaya L. L., Tikhonova E. V. Obzor obzorov kak instrument vyavleniya trendov v issleduemoi oblasti znaniya [An Overview of Reviews as a Trend Maker in the Field]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2020, vol. 29, nr 3, pp. 37–57. doi 10.31992/0869-3617-2020-29-3-37-57. (In Russ.).
9. Arksey H., O'Malley L. Scoping Studies: Towards a Methodological Framework. *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*, 2005, vol. 8, nr 1, pp. 19–32. doi 10.1080/1364557032000119616. (In Eng.).
10. Lee C. A., Pais K., Kelling S., Anderson O. S. A Scoping Review to Understand Simulation Used in Interprofessional Education. *Journal of Interprofessional Education and Practice*, 2018, vol. 13, pp. 15–23. doi 10.1016/j.xjep.2018.08.003. (In Eng.).
11. Orr K. M., Ngambeki I., Long R. A., Ohland M. W. Performance Trajectory of Students in the Engineering Disciplines. *Proceedings – Frontiers in Education Conference*, 2011, pp. 1720–1723. doi 10.1109/FIE.2011.6143005. (In Eng.).
12. Rabinovitch J., Parziale N. The Caltech Space Challenge: Lessons Learnt and Future Plans. *65th International Astronautical Congress*, Toronto, Canada, 2014, pp. 1–8. (In Eng.).
13. Maunder R. G. Innovation in the Undergraduate Microelectronics Programmes at the University of Southampton. *11th European Workshop on Microelectronics Education (EWME)*, Southampton, 2016, pp. 1–6. doi 10.1109/EWME.2016.7496459. (In Eng.).
14. Oriogun P., Haynes R., French F. Using the Enhanced Problem-based Learning Grid: Three Multimedia Case Studies. *Winds of Changing in the Sea of Learning, Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australian Society for Computers in Tertiary Education (ASCILITE)*, Auckland, New Zealand, 2002, pp. 8–11. (In Eng.).
15. Cox S. J., Cox J. T., Boardman R., Ossont S., Scott M., O'Brien N. Iridis-pi: A Low-Cost, Compact Demonstration Cluster. *Cluster Computing*, 2014, vol. 17, pp. 349–358. doi 10.1007/s10586-013-0282-7. (In Eng.).
16. Rosen M. A. Engineering Education: Future Trends and Advances. *Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Engineering Education (EDUCATION'09)*, Stevens Point, Wisconsin, USA, 2009, pp. 44–52. doi 10.5555/1864130. (In Eng.).
17. Rewani R., Alam M. A Comparative Review on Generic Attributes in Engineering Education of Different Country. *Proceedings of the Joint 8th IFEE2017 and 3rd TSDIC2017 Conferences*, Shariyah, United Arab Emirates, April 8–20, 2017, pp. 1–10. (In Eng.).
18. Bostroem M., Andersson E., Berf M., Gustafsson K., Hysing E. Conditions for Transformative Learning for Sustainable Development: a Theoretical Review and Approach. *Sustainability*, 2018, vol. 10, nr 12, pp. 44–79. doi 10.3390/su10124479. (In Eng.).
19. Robinson M. A., Sparrow P., Clegg Ch., Birdi K. Design Engineering Competencies: Future Requirements and Predicted Changes in the Forthcoming Decade. *Design Studies*, 2005, vol. 26, nr 2, pp. 123–153. doi 10.1016/j.destud.2004.09.004. (In Eng.).
20. Medland Ch., Tribe J., Dudley A., Smith V., Quince E. 'Mission Employable': Creating a Student-led Employability Strategy for the Faculty of Humanities, University of Southampton. *Journal of Educational Innovation, Partnership and Change*, 2015, vol. 1, nr 1. doi 10.21100/jeipc.v1i1.207. (In Eng.).
21. Preecha T., Lester G., Urairat M. A Study of Students' Conception of Problem Situations: Using Conceptualization in Scenario-Based Learning. In: G. Hanke, M. Spaniol, K. Osathanunkul, S. Unankard, R. Klamka (eds.), *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2018*, vol. 11007, Springer Verlag, 2018, pp. 47–53. doi 10.1007/978-3-319-96565-9_5. (In Eng.).
22. Runge W. Technology Entrepreneurship. A Treatise on Entrepreneurs and Entrepreneurship for and in Technology Ventures, 2014, vol. 2, KIT Scientific Publishing, 642 p. doi 10.5445/KSP/1000036460. (In Eng.).
23. DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft). Excellence Initiative at a Glance, Bonn, Brandt GmbH Druckerei und Verlag, 2013. 124 p. (In Eng.).
24. Möller T., Schmidt M., Hornbostel S. Assessing the Effects of the German Excellence Initiative with Bibliometric Methods. *Scientometrics*, 2016, vol. 109, nr. 3, pp. 2217–2239. doi 10.1007/s11192-016-2090-3. (In Eng.).
25. Rijdt C. de, Stes A., Vleuten C. van der, Duchy F. Influencing Variables and Moderators of Transfer of Learning to the Workplace within the Area of Staff Development in Higher Education: Research Review. *Educational Research Review*, 2013, nr 8, pp. 48–74. doi 10.1016/j.edurev.2012.05.007. (In Eng.).
26. Drugova E. A. Klyuchevye kharakteristiki programm prepodavatel'skogo sovershenstva dlya akademicheskikh liderov [The Key Characteristics of Teaching Excellence Programs for Academic Leaders. A Review of High-Ranking Universities' Experiences Reflected in International Publications]. *Voprosy obrazovaniya* [Educational Studies], 2019, nr 4, pp. 8–29. doi 10.17323/1814-9545-2019-4-8-29. (In Russ.).
27. Baran E., Correia A.-P., Thompson A. Transforming Online Teaching Practice: Critical Analysis of the Literature on the Roles and Competences of Online Teachers. *Distance Education*, 2011, vol. 32, nr 3, pp. 421–439. doi 10.1080/01587919.2011.610293. (In Eng.).
28. Torres J. T., Higheagle Strong Z., Adesope O. Reflection through Assessment: A Systematic Narrative Review of Teacher Feedback and Student Self-Perception. *Studies in Higher Education*, 2020, vol. 64, Article 100814, pp. 1–7. doi 10.1016/j.stueduc.2019.100814. (In Eng.).
29. Trolan T., Jach E., Hanson J., Pascarella E. Influencing Academic Motivation: The Effects of Student-Faculty Interaction. *Journal of College Student Development*, 2016, vol. 57, nr 7, pp. 810–826. doi 10.1353/csd.2016.0080 (In Eng.).
30. Hagenauer G., Volet Simone E. Teacher – Student Relationship at University: an Important yet Under-Researched Field. *Oxford Review Education*, 2014, vol. 40, nr 3, pp. 370–388. doi 10.1080/03054985.2014.921613. (In Eng.).

Рукопись поступила в редакцию 10.01.2021
Submitted on 10.01.2021

Принята к публикации 15.03.2021
Accepted on 15.03.2021

Информация об авторах / Information about the authors

Лидер Андрей Маркович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой – руководитель отделения экспериментальной физики Инженерной школы ядерных технологий, Национальный исследовательский Томский политехнический университет; lider@tpu.ru.

Слесаренко Инга Валерьевна – кандидат педагогических наук, доцент учебно-научного центра организации и технологий высшего профессионального образования, Национальный исследовательский Томский политехнический университет; slessare@tpu.ru.

Соловьев Михаил Александрович – кандидат технических наук, доцент, проректор по образовательной деятельности, Национальный исследовательский Томский политехнический университет; solo@tpu.ru.

Andrey M. Lider – Dr. hab. (Engineering), Professor, Head of Department of Experimental Physics, TPU School of Nuclear Science and Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University; lider@tpu.ru.

Inga V. Slesarenko – PhD (Pedagogy), Associate Professor, Training and Research Center for University Management, National Research Tomsk Polytechnic University; slessare@tpu.ru.

Mikhail A. Solovyev – PhD (Engineering), Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, National Research Tomsk Polytechnic University; solo@tpu.ru.

