
П.С. Чубик, А.И. Чучалин, М.А. Соловьев,
О.М. Замятина

Статья поступила
в редакцию
в январе 2013 г.

ПОДГОТОВКА ЭЛИТНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация

Проведен сравнительный анализ программ подготовки элитных специалистов в области техники и технологий в отечественных и зарубежных вузах. Выявлены их приоритеты в формировании компетенций будущих лидеров инженерной профессии. Особое внимание уделено содержательной стороне развития системы элитного технического образования в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

Ключевые слова: вузы, инженерные профессии, элитное техническое образование, компетенции, образовательные программы.

1. История элитного технического образования в ТПУ

В 2004 г. в Томском политехническом университете (ТПУ) была создана и введена в действие система элитного технического образования (ЭТО) для наиболее способных и мотивированных студентов [Чубик, Крючков, Соловьев, 2005]. Университет одним из первых не только среди отечественных, но и среди зарубежных вузов разработал систему подготовки специалистов нового поколения [Чубик, Могильницкий, 2012].

Элитное техническое образование представляет собой подготовку будущих лидеров инженерной профессии, готовых к инновационной и предпринимательской деятельности, способных различить вызовы современного общества, владеющих знаниями в прорывных направлениях науки и техники, а также современными инженерными методами и средствами, умеющих системно, критически и креативно мыслить в динамично меняющемся мире и обладающих навыками, которые позволяют им организовать команду и возглавить проект. Социальная ответственность и организованность являются важными качествами будущих инженерных лидеров.

Суть системы элитного технического образования в ТПУ заключается в том, что студентам, прошедшим особый конкурсный отбор, в течение первых двух лет обучения предлагаются курсы углубленного изучения естественных наук и математики, экономики, иностранного языка, а также ряд дополнительных дисциплин,

развивающих творческие способности, коммуникационные навыки и лидерские качества. Особенностью подготовки студентов системы ЭТО на старших курсах является их командная работа над техническими и технологическими проектами, в том числе участие в выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по заказам предприятий с последующим трудоустройством на эти предприятия для кадрового сопровождения инновационных разработок университета. Выпускники системы ЭТО, заинтересованные в дальнейшей научно-исследовательской работе в университете, продолжают обучение в аспирантуре (26%), многие трудоустраиваются в ведущие компании России и мира (69%), есть и такие, кто открывает собственный бизнес (5%).

Ежегодно для обучения в системе ЭТО отбираются около 200 студентов, что составляет примерно 10% контингента первокурсников, поступивших на бюджетные места для обучения по техническим направлениям и специальностям. К 3-му курсу их остается около половины, а до 5-го курса дотягивают лишь четверть студентов, зачисленных на программу ЭТО. Отсев обусловлен высокими требованиями к участникам программы и трудностями ее освоения, которые удается преодолеть лишь наиболее талантливым, целеустремленным и волевым студентам. Те же, кто не справляется с программой ЭТО, возвращаются на траекторию обучения по базовому учебному плану. Однако случается и «обратное движение», когда успешные «стандартные» студенты 2-го года обучения переходят на траекторию элитного технического образования.

За время действия системы ЭТО в Томском политехническом университете в ней обучались около 1600 студентов. Полностью освоили программу 253 студента. В настоящее время на шести курсах обучаются 456 студентов.

Система элитного технического образования в ТПУ непрерывно совершенствуется. В 2007–2008 гг. она получила мощный импульс развития в ходе реализации инновационной образовательной программы «Опережающая подготовка элитных специалистов и команд профессионалов мирового уровня по приоритетным направлениям развития техники и технологий». В 2009 г. ТПУ была присвоена категория «национальный исследовательский университет» и утверждена программа его развития до 2018 г., ориентированная на научные исследования, разработку технологий и подготовку кадров для ресурсоэффективной экономики страны.

С учетом целей данной программы в систему ЭТО были внесены изменения, в частности расширен список приоритетных направлений подготовки элитных специалистов, к числу которых отнесены:

- рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов;
- традиционная и атомная энергетика, альтернативные технологии производства энергии;

- нанотехнологии и пучково-плазменные технологии создания материалов с заданными свойствами;
- интеллектуальные информационно-телекоммуникационные системы мониторинга и управления;
- неразрушающий контроль и диагностика в производственной и социальной сферах.

В 2010 г. были разработаны и введены в действие «Стандарты и руководства по обеспечению качества основных образовательных программ подготовки бакалавров, магистров и специалистов по приоритетным направлениям развития Национального исследовательского Томского политехнического университета» (Стандарт ООП ТПУ). В 2012 г. создана новая версия Стандарта ООП ТПУ, в которой программа ЭТО определена в качестве одной из трех траекторий обучения в личностноориентированной образовательной среде [Чубик, Чучалин, 2012; Стандарты и руководства по обеспечению качества основных образовательных программ...]. В настоящее время программа ЭТО в ТПУ развивается и совершенствуется для повышения международной конкурентоспособности университета и его выпускников, в том числе с использованием опыта и лучших практик подготовки элитных специалистов в ведущих отечественных и зарубежных вузах.

2. Подготовка элитных специалистов в отечественных и зарубежных вузах

Элитное техническое образование развивается с учетом особенностей инженерной деятельности в постиндустриальном обществе, основанном на знании. Инженерная деятельность в современном мире приобретает все более интегрированный, комплексный и инновационный характер.

Комплексная инженерная деятельность, являясь сложной и многокомпонентной, охватывает решение широкого спектра различных вопросов в процессе планирования, проектирования, производства и применения технических объектов, систем и технологических процессов. Для подготовки специалистов к такой деятельности в ведущих университетах мира реализуется концепция CDIO (*Conceive, Design, Implement, Operate* — «Задумать, спроектировать, внедрить, работать»), разработанная в Массачусетском технологическом институте (*Massachusetts Institute of Technology*) в США с участием ведущих технических вузов Швеции — Королевского технологического института (*Kungliga Tekniska högskolan, KTH*), технологического университета Chalmers¹.

Инновационная инженерная деятельность основана на глубоких фундаментальных и прикладных междисциплинарных знаниях и направлена на разработку и создание новой техники и технологий, обеспечивающих новый социальный и экономический эффект, а потому особо востребованных и конкурентоспособных. Для создания и внедрения инноваций в области техники и технологий, существенно меняющих нашу жизнь и обеспечивающих прогресс

¹ www.cdio.org

человеческой цивилизации, требуются специалисты с особыми компетенциями лидерства и предпринимательства. Как правило, такие специалисты составляют не более 3–5% всего инженерного корпуса, но они абсолютно необходимы. Будущих лидеров инженерной профессии готовят в технических вузах в России и за рубежом по особым программам, выявляя наиболее талантливых студентов, развивая их природные способности и активно вовлекая их в практическую исследовательскую и проектную деятельность в процессе обучения.

Подходы к подготовке инженерной элиты в российских и зарубежных университетах во многом схожи. Однако существуют различия в приоритетах и акцентах на те или иные профессиональные и личностные компетенции выпускников. В России известен опыт в подготовке инженерной элиты Московского физико-технического института, Московского института электронной техники, Сибирского федерального университета, Омского государственного технического университета, Томского политехнического университета и ряда других вузов. За рубежом системы подготовки инженерной элиты существуют в Массачусетском технологическом институте, Инженерном колледже Франклина В. Олина, Университете сингулярности (США), Университете Торонто (Канада) и других вузах.

Рассмотрим ряд примеров реализации программ элитного технического образования в российских вузах для выявления особенностей и приоритетов в подготовке элитных технических специалистов, сделав особый акцент на анализе компетенций выпускников.

В Московском физико-техническом институте (МФТИ) с самого его основания в 1946 г. реализуется особая система обучения элитных специалистов, получившая широкую известность как система Физтеха². Она нацелена на подготовку научных сотрудников и инженеров для работы преимущественно в новейших областях теоретической и прикладной физики, а также биотехнологии, системного анализа и управления, прикладной математики и информатики и в других наукоемких сферах деятельности.

Особенность организации учебного процесса в МФТИ заключается в том, что на первых двух курсах студентам дается глубокое фундаментальное естественно-научное и математическое образование, а на последующих курсах осуществляется специализированная практико-ориентированная подготовка на базовых кафедрах и в базовых институтах. Базы — это основа системы Физтеха. Они созданы в ведущих академических и отраслевых научно-исследовательских организациях (Физическом институте РАН, Российском федеральном ядерном центре ВНИИЭФ, Институте общей физики РАН и др.), а также в крупных компаниях, которые

2.1. Московский физико-технический институт

² www.mipt.ru

специализируются на определенных технологических направлениях и являются в них общепризнанными лидерами.

Приоритетами, обозначенными в миссии МФТИ, являются:

- междисциплинарная целевая подготовка востребованных на рынке труда высококвалифицированных специалистов по приоритетным направлениям развития науки и техники на основе интеграции образовательных технологий творческого освоения базовых естественно-научных дисциплин, языковой подготовки, технологий генерации новых знаний на стыке наук и участия всех студентов и аспирантов в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах в интересах стратегических партнеров;
- разработка и трансфер новых технологий по приоритетным научным направлениям в российскую экономику XXI в.

2.2. Московский институт электронной техники

В Московском институте электронной техники (МИЭТ) подготовка специалистов по особым программам осуществляется на факультете электроники и компьютерных технологий (ЭКТ) с 1997 г.³ На факультете сделали ставку на стратегическое партнерство с компаниями — мировыми лидерами в производстве программных продуктов и информационных технологий (Cadence, Synopsys, Motorola, Microsoft, Oracle, EMC), работающими на российском рынке. Для продвижения их высокотехнологичных разработок на российский рынок необходимо было подготовить отечественных специалистов, в совершенстве освоивших продукцию этих компаний. На факультете ЭКТ были организованы пять научно-образовательных центров, где по целевым программам, согласованным с компаниями, ведется подготовка специалистов, способных работать с новейшими программными продуктами и технологиями.

Таким образом, подготовка элитных специалистов в МИЭТ имеет целевую направленность: студенты обучаются по заказам компаний для удовлетворения их кадровых потребностей. К преимуществам целевой подготовки можно отнести регулярное обновление научно-технической базы центров за счет средств компаний-заказчиков, заинтересованность преподавателей (дополнительная оплата труда, стажировки на предприятиях — лидерах отрасли), высокую мотивацию студентов к освоению целевых образовательных программ (дополнительные стипендии из фондов компаний, гарантированное трудоустройство). Основным же недостатком такой целевой подготовки является ее ориентация не на разработку и проектирование новой техники и технологий, а на эксплуатацию готовой продукции.

Программы элитного технического образования в МИЭТ в настоящее время совершенствуются и развиваются в направлении целевой подготовки выпускников, способных выполнять

³ www.miet.ru

исследования, разрабатывать, производить, внедрять и эксплуатировать информационные системы и технологии как в бизнес-структурах, так и в государственном секторе.

Программа ЭТО в Омском государственном техническом университете (ОмГТУ) во многом похожа на программу ТПУ и реализуется на факультете элитного образования и магистратуры с 2009 г. в качестве программы дополнительной подготовки⁴.

Отбор для обучения в системе элитного технического образования ОмГТУ осуществляется из числа студентов, зачисленных на 1-й курс, по сумме баллов Единого государственного экзамена по физике и математике. Программа включает фундаментальную (1-й и 2-й курсы) и профессиональную подготовку (3–5-й курсы).

В программу фундаментальной подготовки входят углубленное освоение физики и математики, языков программирования, позволяющих решать сложные и нестандартные инженерные задачи, изучение иностранного языка на уровне, достаточном для прохождения стажировок в ведущих мировых научно-образовательных центрах, факультативы по теории управления и лидерству, а также менеджменту, психологии и основам научных исследований.

Профессиональная подготовка студентов системы элитного технического образования в ОмГТУ строится индивидуально и предусматривает их участие в научных исследованиях, проводимых в университете, оформление результатов исследований в виде статей и патентов, решение реальных инженерных задач, стажировку за рубежом. При успешном освоении программы элитного технического образования студентам выдаются соответствующие свидетельства.

Система элитного технического образования в Сибирском федеральном университете (СФУ) начала реализовываться в качестве пилотного проекта с 2012 г.⁵ Проект рассчитан на два года и включает три магистерские программы: «Системный анализ и управление», «Обработка металлов и сплавов», «Автоматизация конструкторско-технологического проектирования».

Элитное техническое образование в СФУ имеет следующие преимущества: совместная с зарубежными вузами-партнерами профессиональная подготовка магистрантов, участие в учебном процессе визит-профессоров из ведущих европейских вузов, усиленная подготовка студентов по иностранным языкам с возможностью сдачи международного экзамена, семестровые стажировки в известных зарубежных исследовательских и инжиниринговых центрах.

В рамках системы элитного технического образования СФУ планируется развитие у выпускников следующих компетенций:

2.3. Омский государственный технический университет

2.4. Сибирский федеральный университет

⁴ www.omgtu.ru

⁵ www.sfu-kras.ru

способности к научной работе и решению сложных инженерных задач, владение новейшими технологиями, готовность к инновационной деятельности, навыки командной работы.

Таким образом, анализ особенностей подготовки элитных специалистов в отечественных вузах показывает, что приоритет в большинстве случаев отдается углубленному естественно-научному и математическому образованию, а также практико-ориентированной целевой подготовке. При этом акцент делается на развитии таких профессиональных компетенций выпускников, как способность к проведению научных исследований и освоению современных технологий. И только в последнее время большое внимание стало уделяться изучению студентами иностранного языка, формированию необходимых личностных и управленческих качеств, стажировкам за рубежом, разработке и реализации образовательных программ совместно с ведущими мировыми университетами.

Для анализа приоритетов в подготовке инженерной элиты в ведущих зарубежных университетах рассмотрим ряд характерных примеров организации элитного технического образования в вузах США и Канады.

2.5. Инженерный колледж Франклина В. Олина

Элитный американский Инженерный колледж Франклина В. Олина (*Franklin W. Olin College of Engineering*) был основан в 1997 г. для реализации новой парадигмы инженерного образования, созданной для подготовки выпускников к инновационной деятельности с ориентацией на технологии, преобразующие мир. Образовательные программы колледжа строятся на принципе так называемого треугольника Олина (*Olin Triangle*): глубокие фундаментальные и инженерные знания, предпринимательство и гуманитарные науки.

Обучение в колледже предполагает подготовку инженеров нового поколения к роли «архитекторов» комплексных технических, социальных, экономических и политических систем, соответствующих вызовам XXI в.⁶ Выпускники должны быть способны создавать новые технологии, определяющие будущее человечества. Приоритетом колледжа является подготовка лидеров управления инженерными проектами, внедрения инноваций в области техники и технологий, преобразующих жизнь людей и формирующих условия для устойчивого развития цивилизации. Особое внимание уделяется принципам создания инновационной продукции: анализу востребованности продукции с точки зрения ее социальной значимости (*desirability*), оценке реализуемости проектов ее создания с точки зрения технических и технологических возможностей (*feasibility*), изучению организационно-экономических аспектов производства продукции и финансовой жизнеспособности проектов (*viability*) [Miller, 2010].

⁶ www.olin.edu

Особенностями отбора и организации обучения студентов в Инженерном колледже Франклина В. Олина являются следующие:

- прием студентов осуществляется на основе конкурса претендентов по результатам их участия в выполнении и презентации командных проектов, а также в проблемных дискуссиях и индивидуальных интервью, которые организуются каждый год в зимний период в кампусе колледжа (*Candidates' Weekend*);
- важной составляющей учебного процесса являются проектная работа студентов (25% кредитных часов за весь 4-летний период обучения) и их участие в прикладных научных исследованиях (*Extensive Design Core*);
- все студенты в течение года выполняют групповые проекты, спонсируемые корпорациями в размере 50 тыс. долл. каждый; их результатом часто становится создание новой продукции (*Corporate-sponsored Capstone Design Project*);
- все студенты участвуют в выполнении бизнес-проектов в течение семестра (*Business and Entrepreneurship*);
- в конце каждого семестра каждый студент участвует в выставке-презентации, которая организуется в кампусе и привлекает сотни представителей академического сообщества и заинтересованных корпораций, оценивающих разработки студентов (*EXPO*);
- каждый студент выполняет самостоятельное научное исследование, результаты которого получают экспертную оценку (*Olin Self-Study*);
- все студенты выполняют семестровый проект в области предпринимательства, социально-гуманитарных наук или искусств (*AHS/E Capstone Project*);
- четырехлетние образовательные программы колледжа спроектированы таким образом, что позволяют студентам 3-го года обучения индивидуально планировать и реализовать подготовку за пределами кампуса (*Study Away in Junior Year*);
- после первого года и последующих лет обучения студентам рекомендуется прохождение летних производственных практик в технологических компаниях или исследовательских лабораториях (*Summer Internship*);
- каждый студент должен ежегодно отслеживать свой прогресс в развитии компетенций в области количественного, качественного и контекстуального анализа, коммуникаций и командной работы, диагностики проблем и проектирования, оценки возможностей и рисков, самообучения и саморазвития (*Nine Competencies Across All Four Years*).

Миссией американского Университета сингулярности (*Singularity University*) является подготовка потенциальных лидеров, содействующих развитию технологий, направленных

2.6. Университет сингулярности

на решение глобальных проблем человечества⁷. Университет основан в 2009 г. в Силиконовой долине (Калифорния), на территории принадлежащего NASA Исследовательского центра. Вуз предлагает слушателям междисциплинарные курсы различной длительности: 9-недельный курс для выпускников высших учебных заведений, 10-дневный курс для руководителей среднего звена и 3-дневный курс для высшего руководящего состава компаний. Курсы относятся к разным сферам человеческой деятельности: футурологии и прогнозированию, созданию компьютерных сетей и систем, биотехнологии и биоинформатике, нанотехнологиям и медицине, нейробиологии и созданию искусственного интеллекта, робототехнике и когнитивной информатике, энергетике и экологическим системам, физике и космосу, политике и праву, финансам и предпринимательству. Слушатели Университета сингулярности выбирают одну из ключевых проблем в указанных областях и выполняют проекты, направленные на их решение.

Программы курсов являются, по сути, элитным дополнительным образованием. Они обеспечивают подготовку инновационных лидеров, владеющих исключительными компетенциями и передовыми концептуальными знаниями основ развития техники и технологий, методов прогнозирования технологических прорывов, их индикаторов и последствий, способов измерения и оценки технического и технологического прогресса, правовых и этических норм, влияющих на развитие технологий.

2.7. Университет Торонто

В Университете Торонто (*University of Toronto*) в Канаде существует программа подготовки элитных технических специалистов, которая называется «Предпринимательство, лидерство, инновации и технологии в инженерной науке» (*Entrepreneurship, Leadership, Innovation and Technology in Engineering (ELITE Certificate)*)⁸. Программа ELITE предлагается студентам университета как дополнительная и реализуется параллельно с обучением по основным образовательным программам магистратуры (*MEng*) либо после их завершения. Слушатели, успешно освоившие программу, получают особый ELITE-сертификат.

2.8. Массачусетский технологический институт

Элитная подготовка специалистов в области техники и технологий в Массачусетском технологическом институте (*Massachusetts Institute of Technology, MIT*), ведущем американском техническом вузе и мировом лидере инженерного образования, реализуется с 2006 г. в виде специальной Программы инженерного лидерства имени Бернарда М. Гордона (*MIT Engineering Leadership Program*)⁹. Программа направлена на развитие у выпускников университета особых компетенций инженера-руководителя, способного

⁷ <http://singularityu.org>

⁸ http://www.engineering.utoronto.ca/Future_Students/Graduate_Studies/Certificates/ELITE.htm

⁹ <http://web.mit.edu/gordonelp>

принимать технические и организационные решения по управлению проектами создания качественно новых продуктов инженерной деятельности (технических объектов, технологий, материалов, программного обеспечения и т.д.).

Программа ЭТО в Массачусетском технологическом институте соответствует концепции подготовки инженеров, принятой в вузе еще в начале XX в. Она заключается в том, что инженерное образование в MIT должно обязательно включать значительную гуманитарную составляющую наряду с естественно-научной, математической и технической подготовкой. В противном случае, как считает руководство вуза, выпускникам Массачусетского технологического института с узкоспециализированной подготовкой в области техники и технологий придется работать на людей, получивших более широкое гуманитарное образование. Иными словами, «выпускники Гарвардского университета могут быть поставлены менеджерами над выпускниками MIT» [Etzkowitz, 2002].

В основании Программы инженерного лидерства лежит следующий постулат: крупными техническими проектами могут руководить только лидеры с инженерным образованием. Поэтому программа направлена на приобретение студентами, обучающимися инженерному делу, особых профессиональных и универсальных компетенций, таких как креативность, чувствительность к инновациям, умение эффективно работать в команде над комплексными проектами, а также на воспитание у выпускников явно выраженных лидерских качеств.

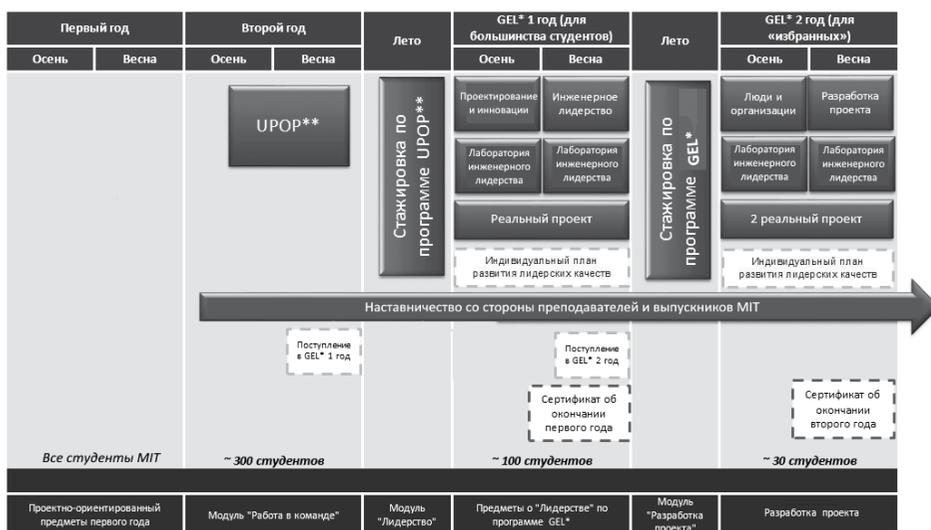
Программа реализуется дополнительно к основным образовательным программам для наиболее творческих и мотивированных студентов. Собственно программа инженерного лидерства длится 2 года, а совместно с предшествующей ей программой *практической подготовки* — 3 года (рис. 1).

Программа практической подготовки студентов (*Undergraduate Practice Opportunities Program, UPOP*) выполняется в течение 2-го года обучения в вузе. Она направлена на приобретение студентами навыков трудоустройства, опыта практической деятельности, взаимодействия с работодателями и адаптации в реальной профессиональной среде. В ее организации и проведении участвуют наставники-преподаватели и выпускники MIT, работающие в ведущих компаниях по всему миру (Boeing, NASA, Chevron, Ford, GM, Microsoft, Intel и др.).

Программа UPOP включает пять основных этапов. На первом этапе (*Self*) в течение осеннего семестра студенты учатся готовить резюме и презентовать себя работодателям. На втором этапе (*Team*) в течение одной недели между осенним и весенним семестрами студенты проходят интенсивный курс инструктажа и формируют для себя сеть потенциальных работодателей. Третий этап (*Opportunity*) в течение весеннего семестра состоит в подготовке к прохождению летней практики. Практика организуется на четвертом этапе (*Enterprise*) в течение 10–12 недель летних каникул

на предприятиях, где студенты применяют полученные теоретические знания, укрепляют технические и приобретают организаторские навыки. Во время практики студенты готовят не менее трех презентаций результатов своей деятельности, встречаются с наставниками-преподавателями MIT и представителями кадровых служб предприятий. На завершающем этапе (*Career*) программы UPOP в начале осеннего семестра 3-го года обучения студенты выступают с докладами по результатам практики перед своими сокурсниками, преподавателями и представителями предприятий. В итоговом обсуждении результатов практики студенты строят планы на предстоящий учебный год, формируют индивидуальные траектории обучения и будущей карьеры.

Рис. 1 Программа инженерного лидерства Бернарда М. Гордона в MIT



- * Gordon Engineering Leader (GEL) — Программа инженерного лидерства Бернарда М. Гордона.
- ** Undergraduate Practice Opportunities Program (UPOP) — Программа практической подготовки студентов.

Студенты, успешно прошедшие летнюю практику, могут быть зачислены на Программу инженерного лидерства, которая реализуется в течение 3-го и 4-го года обучения. В течение 3-го года студентам предлагаются курсы «Проектирование и инновации» и «Инженерное лидерство», а также «Лаборатория инженерного лидерства».

Курс «Проектирование и инновации» (9 кредитов USCS) представляет собой проектно организованные семинары, развивающие у студентов навыки креативного мышления, критического

анализа решений, а также планирования, организации и управления проектами. Курс состоит из 26 занятий (4 часа в неделю в течение семестра). Основные темы семинаров: введение в технологию и процесс проектирования, оценка требований заказчика и определение целей проекта, техника решения изобретательских задач, концепция и архитектура проекта, адаптация и оценка рисков, организация командной работы над проектом.

Курс «Инженерное лидерство» (6 кредитов USCS) является интенсивным: ежедневные занятия в течение одной недели. Изучаются теория и модели лидерства, развиваются практические навыки критического и системного мышления, а также эффективных коммуникаций и принятия решений в условиях неопределенности, анализируются исторические примеры инженерного лидерства методом *case study*.

Курс «Лаборатория инженерного лидерства» (9 кредитов USCS) состоит из 12 практических занятий по 2 часа в неделю в течение семестра. На занятиях студенты приобретают и развивают навыки лидерства на конкретных примерах в условиях ролевых игр, моделирования, разработки и реализации мероприятий, анализа и оценки деятельности. Основные темы: ресурсоэффективность при принятии решений, ответственность, ведение переговоров, решение конфликтных ситуаций и нахождение компромиссов, командная работа, сопровождение инженерного лидера, планирование, презентация. По окончании 3-го года обучения студенты проходят стажировку по программе инженерного лидерства.

В течение 4-го года студенты изучают курсы «Люди и организации» и «Проектный инжиниринг / Разработка проекта». Курс «Люди и организации» (9 кредитов USCS) реализуется в течение семестра по 4 часа в неделю и ориентирован на понимание студентами человеческих и организационных аспектов производства, приобретение навыков вхождения в коллектив, организации успешной и продуктивной командной работы, развития карьеры, применения знаний и умений на практике. Курс «Проектный инжиниринг / Разработка проекта» (6 кредитов USCS) осваивается студентами интенсивно, за 4 дня, и направлен на формирование навыков декомпозиции инженерных проектов, составления карт проектов в реальных организационных структурах, оформления договоров, планирования и бюджетирования проектов, оценки рисков, а также потребительских, финансовых и социальных последствий выполнения проектов.

Начиная с 3-го года обучения студенты MIT в рамках Программы инженерного лидерства занимаются реальным проектированием, работая в командах. Ежегодно они составляют и реализуют индивидуальные планы развития лидерских качеств. План персонального лидерского развития имеет следующую структуру:

- отношение к лидерству (основные личные черты и характеристики);
- отношение к людям;
- отношение к окружающему миру;

- глобальное видение;
- практическая реализация лидерства.

Итоги выполнения индивидуальных планов студенты подводят в форме самооценки. При этом отмечается уровень достижения запланированных результатов (нулевой, начальный, средний, продвинутый). В течение всего времени обучения со студентами работают наставники-преподаватели и выпускники MIT. Не все успешно осваивают Программу инженерного лидерства, две трети студентов отсеиваются. Однако те, кто оканчивает программу, приобретают уникальные компетенции в следующих областях:

1) *предвидение* (формирование картины будущего, выявление проблем и парадоксов, синтез понимания потребностей и возможностей, воображение, креативное мышление, выработка концепций инженерных решений);

2) *смысловой анализ контекста* (осмысление окружающего мира, понимание контекста проблемной ситуации, создание ментальной карты условий, оценка естественной и социальной обстановки, осознание запросов клиентов и требований предприятий);

3) *реализация концепций* (движение от абстракций к инновациям и изобретениям, внедрение их в жизнь, построение организаций и руководство ими, планирование и управление проектами, оценка решений);

4) *практические инженерные знания* (понимание сути инженерных проблем, анализ и синтез, владение методами исследований, навыками постановки эксперимента и интерпретации результатов);

5) *базовые ценности в управлении* (формирование суждений, изобретательность, доверие, принятие решений, ответственность, саморазвитие и совершенствование);

6) *межличностное взаимодействие и эффективная коммуникация* (выстраивание отношений внутри организации и между организациями, умение слышать других, понимать и принимать их точку зрения, убедительно аргументировать и отстаивать свою позицию, вести переговоры).

Анализ организации системы элитного технического образования в Массачусетском технологическом институте, а также аналогичных программ в других зарубежных университетах убеждает в том, что глубокие технические знания являются для них безусловным приоритетом, но главная цель состоит в формировании у выпускников особых компетенций по оценке перспектив технологического развития общества и управлению инновационными проектами, в развитии навыков предпринимательства и командной работы, способностей к межличностным коммуникациям, в воспитании лидерских качеств и ответственности.

Сравнительный анализ приоритетов в подготовке будущих лидеров инженерной профессии в российских и зарубежных вузах свидетельствует о том, что отечественная высшая инженерная школа имеет свои принципиальные особенности. При подготовке элитных специалистов в ней по традиции делается акцент на фундаментальном

естественно-научном, математическом и техническом образовании, т.е. на развитии профессиональных компетенций выпускников. Гуманитарная подготовка при этом относительно слаба. В отличие от российских вузов, ведущие зарубежные, в первую очередь американские, университеты наряду с технической подготовкой акцентируют внимание на гуманитарной составляющей инженерного образования и развитии универсальных (личностных) компетенций выпускников, ориентированных на удовлетворение перспективных потребностей общества, инновации, предпринимательство и лидерство.

Требования к результатам подготовки бакалавров, специалистов и магистров по базовым учебным планам технических направлений и специальностей в Томском политехническом университете изложены в Стандарте ООП ТПУ [Стандарты и руководство..., 2012]. Они дополняют требования соответствующих Федеральных государственных образовательных стандартов и учитывают критерии аккредитации образовательных программ Ассоциацией инженерного образования России (АИОР), которые согласованы с международными стандартами инженерного образования (*IEA Graduate Attributes and Professional Competencies* и *EUR-ACE Framework Standard*)¹⁰.

Критерий АИОР «Подготовка к профессиональной деятельности» структурирует по уровням и разделам основные требования к выпускникам базовых инженерных программ в части профессиональных (фундаментальные знания, инженерный анализ, инженерное проектирование, исследования, инженерная практика, специализация и ориентация на работодателя) и универсальных (проектный и финансовый менеджмент, коммуникации, индивидуальная и командная работа, профессиональная этика, социальная ответственность, обучение в течение всей жизни) компетенций [Чучалин, Герасимов, 2012].

Требования к выпускникам программы ЭТО как одной из траекторий реализации Стандарта ООП ТПУ 2012 г. дополнены требованиями *CDIO Syllabus*, версия 2 [Crawley et al., 2011], и развиты в части фундаментальности, профессионализма, инновационности, предпринимательства и лидерства с учетом опыта и лучших практик подготовки элитных специалистов в ведущих отечественных и зарубежных университетах. Ниже приведены атрибуты будущих лидеров инженерной профессии, на которые ориентирована система элитного технического образования в ТПУ.

1. *Фундаментальность* образования обеспечивается углубленной подготовкой студентов в области естественных наук, математики, экономики и иностранного языка. В результате формируется устойчивое естественно-научное мировоззрение, расширяется кругозор, развиваются системное мышление и логика, инженерная деятельность позиционируется в экономическом контексте развития

3. Развитие системы ЭТО в ТПУ

¹⁰ www.washingtonaccord.org

общества, приобретается международный опыт, за счет владения английским языком становятся доступными мировые информационные ресурсы, создаются основы для непрерывного самообразования и самосовершенствования в течение всей жизни.

2. *Профессионализм* достигается активной исследовательской, изобретательской и проектной деятельностью студентов. В результате формируется их профессиональная творческая культура, развивается междисциплинарный подход к задаче, способность к постановке и решению приоритетных инженерных проблем, приобретается практический опыт моделирования, экспериментирования, решения изобретательских задач, осваивается технология выполнения индивидуальных и групповых проектов, в том числе в международной среде, формируются навыки академической и профессиональной мобильности.

3. *Инновационность* приобретается путем развития критического мышления и инициативы студентов, анализа современных проблем и ценностей, изучения тенденций формирования потребностей общества в новой технике и технологиях, освоения способов их удовлетворения. В результате у студентов возникает видение перспектив совершенствования инженерной деятельности, развиваются навыки изучения рынка современной технической продукции, оценки ее потребительских свойств, актуализируется мотивация к созданию новой конкурентоспособной техники и технологий, обеспечивающих новый социальный и экономический эффект.

4. *Навыки предпринимательства* формируются в ходе практической деятельности студентов по организации учебного и реального производства инновационной продукции. В результате приобретаются умения в сфере маркетинга и бизнес-планирования, развиваются способности анализировать востребованность продукции, оценивать техническую и технологическую реализуемость проектов, экономические аспекты производства и финансовую жизнеспособность проектов, управлять интеллектуальной собственностью, осваивается проектный и производственный менеджмент.

5. *Лидерские качества* формируются с приобретением студентами опыта руководства коллективом разработчиков новых технических и технологических решений. В результате студенты овладевают навыками предвидения, у них возникает готовность к постановке проблем, генерированию идей и конкретных предложений по их решению, способность к планированию работы коллектива, распределению ответственности и полномочий между членами команды, развивается искусство коммуникаций и выстраивания отношений в коллективе, воспитывается профессиональная этика, настойчивость в достижении цели и ответственность за результаты работы коллектива.

В табл. 1 показана взаимосвязь профессиональных и универсальных компетенций выпускников, осваивающих в ТПУ инженерные программы по базовым учебным планам (БУП), и атрибутов выпускников системы ЭТО.

Таблица 1

БУП	ЭТО	Фундаментальность	Профессионализм	Инновационность	Предприимчивость	Лидерство
Фундаментальные знания	+					
Инженерный анализ		+	+	+		
Инженерное проектирование		+	+	+		
Исследования		+	+	+		
Инженерная практика		+	+	+		
Специализация и ориентация на работодателя		+	+			
Проектный и финансовый менеджмент					+	+
Коммуникации					+	+
Индивидуальная и командная работа					+	+
Профессиональная этика					+	+
Социальная ответственность					+	+
Обучение в течение всей жизни	+					+

Из табл. 1 следует, что дополнительная программа элитного технического образования развивает все базовые профессиональные и универсальные компетенции выпускников основных образовательных программ в области техники и технологий. При этом компетенции наполняются дополнительным содержанием и консолидируются за счет освоения специально разработанных дисциплин и модулей программы. Программа ЭТО, ориентированная на атрибуты будущих лидеров-управленцев инженерной профессии, реализуется в три этапа. На рис. 2 представлена структура учебного плана бакалавриата системы ЭТО ТПУ, в рамках которого осуществляются первый и второй этапы программы.

На первом этапе в течение первых двух лет обучения происходит углубленная фундаментальная подготовка студентов по дисциплинам «Высшая математика», «Физика» и «English for mobility» в отдельных группах и потоках. Учебный план дополнен модулями «Практическая психология студента», «Введение в проектную деятельность» и «Введение в инженерное предпринимательство». Кроме этого, для студентов организуются летняя и зимняя языковые и тематические школы, а также проводятся семинары-тренинги по развитию личностных качеств.

Рис. 2 Структура учебного плана бакалавриата в системе ЭТО ТПУ

I курс		Лето	II курс		III курс		IV курс	
1 семестр	2 семестр		3 семестр	4 семестр	5 семестр	6 семестр	7 семестр	8 семестр
ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА								
ЭЛИТНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ								
Фундаментальный блок Математика / Физика			Фундаментальный блок Математика / Физика		Фундаментальный блок Экономика			
Профессиональный блок								
«Инженерное лидерство» Практическая психология для студентов (1 семестр), Теория решения изобретательских задач (5 семестр)			«Проектирование и инновации» Введение в проектную деятельность (2 семестр), Компьютерные методы решения математических и физических задач для инженеров (6 семестр), Проектный менеджмент (7 семестр), Менеджмент инноваций (8 семестр)			«Разработка проекта и управление» Введение в инженерное предпринимательство (3 семестр), Инженерное предпринимательство (6 семестр)		Предметы по выбору *
Английский язык		Летняя школа	Зимняя школа	Углубленный английский язык				
						Проблемно-ориентированный проект		
						Университетская конференция студентов ЭТО (I)		Университетская конференция студентов ЭТО (II)

С 2012 г. все студенты ТПУ, обучающиеся по техническим направлениям и специальностям, в рамках базового учебного плана осваивают курс «Введение в инженерную деятельность» (CDIO Standard 4). Цель курса — развитие у студентов интереса

к инженерной деятельности, усиление мотивации к формированию навыков и умений, изложенных в *CDIO Syllabus*. Курс реализуется в течение четырех учебных семестров (4 кредита *ECTS*) и включает теоретическую часть в первом семестре 1-го года обучения, а также практическую часть — командные творческие проекты — в трех последующих семестрах. Вовлечение студентов с 1-го года обучения в процесс проектирования под руководством преподавателей, а также аспирантов и магистрантов значительно содействует решению задач элитного технического образования. При этом аспиранты и магистранты системы ЭТО имеют возможность испытать и развить свои лидерские качества, осуществляя руководство командой студентов младших курсов, выполняющих творческие проекты.

На втором этапе реализации программы ЭТО в течение 3-го и 4-го года обучения осуществляется фундаментальная подготовка студентов по специально разработанным курсам «Экономика» и *English for Specific Purposes*. Учебный план дополнен модулями профессиональной подготовки студентов к инновационной и предпринимательской деятельности «Теория решения изобретательских задач», «Компьютерные методы решения математических и физических задач», «Инженерное предпринимательство», «Проектный менеджмент» и «Менеджмент инноваций», а также дисциплинами по выбору («Ресурсоэффективность», «Системный инжиниринг» и др.). На данном этапе студенты выполняют проблемно-ориентированные проекты, привлекаются к практической работе в студенческом бизнес-инкубаторе и студенческом конструкторском бюро, активно участвуют в программах международной академической мобильности, обучаясь в зарубежных университетах — партнерах ТПУ в течение семестра и проходя стажировку в ведущих зарубежных компаниях.

Третий этап реализации программы ЭТО осуществляется, как правило, в магистратуре. При этом студенты обучаются по индивидуальным планам, составленным выпускающими кафедрами. Особенность данного этапа заключается в том, что магистранты совместно с научными сотрудниками, преподавателями и аспирантами университета работают над реальными исследовательскими и инженерными проектами, т.е. занимаются практической инновационной и предпринимательской деятельностью.

Томский политехнический университет лидирует в России по объему выполняемых научных исследований и разработок новой техники и технологий по заказам отечественных и зарубежных компаний (свыше 1 млрд руб. в 2011 г.). Университет имеет соглашения о стратегическом партнерстве более чем с 200 предприятиями в России и за рубежом, в том числе с отраслевыми лидерами по приоритетным направлениям программы развития ТПУ (Росатом, «Газпром», «Роснефть», Роснано, Роскосмос, Федеральная сетевая компания ЕЭС, Schlumberger, Siemens, Heinemann, Samsung и т.д.). В 2005 г. была создана Томская

особая экономическая зона технико-внедренческого типа, где резидентами являются 58 инновационных высокотехнологических компаний, с которыми университет тесно сотрудничает. На основе интеллектуальной собственности ТПУ для коммерциализации наукоемких технических и технологических разработок созданы 38 малых инновационных предприятий. В рамках 217-ФЗ в инновационный пояс ТПУ входят еще порядка 50 малых предприятий, работающих в области техники и технологий. В университете развивается собственная инновационная инфраструктура, включающая 12 научно-образовательных и технологических центров, 16 центров коллективного пользования, конструкторско-технологический бизнес-инкубатор, проектно-конструкторский институт с опытным производством, кафедру инженерного предпринимательства и другие подразделения.

Все вышеперечисленные ресурсы активно используются при подготовке магистрантов в системе ЭТО ТПУ. Дополнительные возможности для повышения качества подготовки и приобретения международного опыта связаны с реализацией *Double Degree* магистерских программ совместно с зарубежными университетами — партнерами ТПУ: *Heriot-Watt University* (Великобритания), *Technical University of Berlin*, *Technical University of Munich*, *Aachen University of Applied Sciences* (Германия), *Czech Technical University in Prague* (Чехия), *University Paris Sud 11* (Франция) и др. Магистранты ТПУ обучаются в университетах-партнерах по совместным программам в течение года, выполняют и защищают диссертации на двух языках и получают магистерские степени двух университетов.

После окончания магистратуры ЭТО ТПУ все выпускники трудоустроиваются в ведущие промышленные компании и исследовательские центры с перспективой быстрого карьерного роста, соответствующего их подготовке к инновационной и предпринимательской деятельности, или создают собственные малые предприятия для продолжения разработок, начатых в университете.

Для обучения в системе ЭТО студенты должны соответствовать весьма высоким требованиям в части интеллектуального потенциала, мотивации, трудолюбия, целеустремленности и волевых качеств. В ТПУ разработана и используется система конкурсного отбора на программу подготовки будущих лидеров инженерной профессии.

На первом этапе в конкурсе могут участвовать все студенты-первокурсники, поступившие для обучения по техническим направлениям и специальностям, набравшие по физике и математике не менее 140 баллов ЕГЭ. В 2012 г. в первом этапе конкурса приняли участие более 1200 студентов, 700 из них были рекомендованы к участию во втором этапе конкурса. Второй этап конкурса проводится в форме компьютерного тестирования, оценивающего творческий потенциал студентов, их логическое мышление, умение применять знания на практике. Студенты, справившиеся

более чем с половиной заданий, считаются успешно прошедшими испытание. В 2012 г. на втором этапе конкурса были отобраны 228 студентов. На третьем этапе студенты готовят мотивационное заявление с обоснованием желая обучаться в системе элитного технического образования ТПУ и проходят собеседование. Здесь отсеивают студентов, как правило, составляет не более 10%. Значительный отсев имеет место после начала освоения программы ЭТО.

В процессе обучения ежегодно осуществляется отбор студентов для дальнейшего участия в программе. Продолжают обучение в системе ЭТО наиболее активные студенты, достигающие наилучших результатов. Ежегодный отсев в течение первого и второго этапов реализации программы составляет в среднем около 25%. В итоге только каждый четвертый студент доходит до третьего этапа — магистратуры в системе элитного технического образования и продолжает подготовку в качестве будущего лидера инженерной профессии. Таким образом, по статистике программу ЭТО в ТПУ осваивают не более 2,5% студентов, принимаемых ежегодно на 1-й курс для обучения инженерному делу. Однако именно эти выпускники способны внести существенный вклад в решение задач новой индустриализации и технологического развития страны.

Система элитного технического образования в Томском политехническом университете усовершенствована с учетом опыта, накопленного с начала ее реализации в 2004 г., а также лучших практик функционирования аналогичных систем в отечественных и зарубежных вузах. В соответствии с разработанной в 2009 г. Программой развития ТПУ как национального исследовательского университета до 2018 г. система ЭТО ориентирована на подготовку лидеров инженерной профессии по приоритетным направлениям в области техники и технологий для ресурсоэффективной экономики страны. Программа ЭТО имеет целью развитие у выпускников профессиональных и универсальных компетенций с атрибутами фундаментальности, профессионализма, инновационности, предпринимательства и лидерства. Для повышения глобальной конкурентоспособности выпускников усилена международная составляющая системы ЭТО, в том числе за счет программ академической мобильности и *Double Degree* программ с ведущими зарубежными университетами. Дальнейшее развитие системы элитного технического образования в Томском политехническом университете предполагается в направлении повышения ее качества и интернационализации в сотрудничестве с университетами — мировыми лидерами, в том числе с Массачусетским технологическим институтом и другими участниками инициативы *CDIO*. В частности, планируется совместная реализация ряда мероприятий программы ЭТО ТПУ и Программы инженерного лидерства MIT.

4. Заключение

Литература

1. Стандарты и руководства по обеспечению качества основных образовательных программ подготовки бакалавров, магистров и специалистов по приоритетным направлениям развития Национального исследовательского Томского политехнического университета (Стандарт ООП ТПУ) // Сборник нормативно-производственных материалов / под ред. А.И. Чучалина. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2012.
2. Чубик П.С., Крючков Ю.Ю., Соловьев М.А. Система элитного технического образования как элемент инновационной инженерной подготовки // Томский политехник. 2005. № 11. С. 16–22.
3. Чубик П.С., Могильницкий С.Б. Система элитной подготовки инженеров в ТПУ // Качество образования. 2012. № 10. С. 22–28.
4. Чубик П.С., Чучалин А.И. Образовательная политика Национального исследовательского Томского политехнического университета // Вестник высшей школы «Alma Mater». 2012. № 11. С. 7–14.
5. Чучалин А.И., Герасимов С.И. Компетенции выпускников инженерных программ: национальные и международные стандарты // Высшее образование в России. 2012. № 10. С. 3–14.
6. Crawley E.F., Malmqvist J., Lucas W.A., D.R., Rodeur D.R. (2011) The CDIO Syllabus v 2.0. An updated statement of goals for engineering education // Proc. of the 7th International CDIO Conference. Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20–23, 2011.
7. Etzkowitz H. (2002) MIT and Rise of Entrepreneurial Sciences. London: Routledge.
8. Miller R.K. (2010) From the ground up: Rethinking engineering education for the 21st century / Symposium on Engineering and Liberal Education, Union College, Schenectady, New York, June 4–5, 2010.