

УДК 378; 378.1

## Система элитного инженерного образования - пути развития профессиональных и личностных компетенций

Серебрякова Е. Н.<sup>1,\*</sup>, Данейкин Ю. В.<sup>1</sup>,

[\\*serebryakova@tpu.ru](mailto:serebryakova@tpu.ru)

Соловьев М. А.<sup>1</sup>, Абрашкина И. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ФГАОУ ВО НИ ТПУ), Томск, Россия

В рамках международного научного конгресса "Наука и инженерное образование. SEE-2016", II международная научно-методическая конференция «Управление качеством инженерного образования. Возможности вузов и потребности промышленности» (23-25 июня 2016 г., МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия).

---

В статье рассмотрены существующие подходы к организации образовательного процесса по подготовке инженеров-специалистов по проектному менеджменту. Сформулированы основные требования к компетенциям современного инженера. Приводятся данные анализа по оценке эффективности действующей образовательной модели. Рассмотрены основные предложения по корректировке учебного плана, включающие механизмы реализации междисциплинарного, проектно-ориентированного и личностно-ориентированного подходов в обучении. Приведены ожидаемые результаты обучения.

**Ключевые слова:** компетенции, проектно-ориентированное обучение, образовательная модель, инженерное лидерство, междисциплинарный подход, учебный план

---

### Введение

Известно, что традиционная система высшего образования предлагает мало возможностей для подготовки технической элиты. Суть проблемы в недостаточном внимании к развитию личностных и межличностных компетенций будущих инженеров; в обособленности теоретических знаний от их практического применения, особенно при необходимости разработки и последующего управления междисциплинарными проектами.

В 2004 году на базе Томского политехнического университета (далее ТПУ) была создана инновационная система элитного технического образования (далее ЭТО), которая опытно-экспериментальным путем тестирует новейшие образовательные технологии, призванные помочь в разрешении изложенных проблем.

«Цель системы элитного технического образования - подготовка опережающих технических специалистов: инженеров-конструкторов и технологов, способных генерировать новое знание, проектировать и совершенствовать постоянно усложняющиеся технологи-

ческие процессы, обеспечивать эффективное управление производственными коллективами и предприятиями» [4, с.1].

Стоит отметить, что на данный момент образование по траектории ЭТО носит характер дополнительный к базовому образованию, студенты в дополнение к технической специальности приобретают специальность по проектному менеджменту.

Система ЭТО имеет сложную для управления структуру, т.к. «на траектории обучаются студенты всех технических специальностей одновременно, в отличие от университетов, где проектное обучение проводится только в рамках одной специальности или отдельных отобранных коллективов – в том числе ВШЭ, МФТИ, ETH Zurich и др.» [1, с.509].

С другой стороны, система ЭТО ТПУ, объединяя студентов разных специальностей, имеет преимущество: она позволяет выполнять междисциплинарные проекты.

Перечень необходимых компетенций будущих выпускников составлен с учетом стандартов CDIO [7]. Стоит отметить, что стандарты CDIO, могут быть отнесены не только к инженерному, но и к управленческому образованию. Это доказывает тот факт, что среди компетенций, развивать которые должны стандарты CDIO, есть выраженные управленческие компетенции: навыки индивидуального и группового взаимодействия, такого как работа в команде, лидерство, общение и языковые коммуникации [2].

Также при формировании списка требований к выпускникам был учтен опыт подготовки инженеров в Массачусетском технологическом институте по Программе инженерного лидерства [5, 6].

Таким образом, рассматриваемую образовательную модель нельзя назвать замкнутой, используется опыт ведущих мировых университетов, так как построение схожего образовательного пространства позволит в будущем построить стратегию долговременного сотрудничества.

Однако вопрос междисциплинарного проектно-ориентированного подхода в подготовке инженера-управленца все еще нуждается в дополнительных исследованиях.

Задача данного исследования – объяснить структуру действующей образовательной модели, оценить ее эффективность в целях формирования профессиональных и личностных компетенций и на основе полученных данных внести предложения по корректировке учебного плана.

## **1. Действующая образовательная траектория для формирования компетенций будущих выпускников ЭТО**

Для реализации целей, изложенных выше, образовательная модель ЭТО в текущий момент решает следующие задачи:

1. Отбирать и воспитывать инженерную «элиту», способную к демонстрации высоких результатов в учебной, научной и инновационной деятельности.
2. Испытывать методики и анализировать результаты инновационных образовательных практик для дальнейшего их внедрения в учебный процесс институтов и кафедр ТПУ (геймификация, проектно-ориентированное обучение и др.).

3. Проводить апробацию новых предметов (практическая психология, инженерное изобретательство и др.).
4. Объединять компетенции студентов разных специальностей, что является основой проектного подхода и отражает формат работы реальных предприятий.
5. Состоять в особом «сообществе» передовых вузов, внедряющих у себя аналогичные системы.
6. Привлекать промышленных партнеров, заинтересованных в специалистах высокого уровня.

Воспитание инженерной элиты требует прежде всего четкого формулирования требований к компетенциям.

### **1.1. Требования к компетенциям выпускника ЭТО**

Различные определения компетенции - это варианты единственного по сути определения, которое рассматривает компетенцию как характеристику личности, обладатель которой способен добиться высоких результатов в работе [11]. В нашем случае, таким результатом будет логично выстроенная траектория от понимания проблем и способности изобрести способ их решения до планирования и управления проектом до стадии его завершения. Чтобы быть готовым к эффективной реализации алгоритма проектной работы, будущий выпускник должен стать не только высококвалифицированным специалистом в своей области, но и инженером-лидером. В применении к инженерной специальности, согласно Программе инженерного лидерства Массачусетского технологического института, лидерство определяется как умение технического руководства изменениями: инновационными планами, проектированием и внедрением нового продукта/процесса/системы и т.д., отвечающего потребностям общества [6].

Таким образом, опорный список компетенций будущего выпускника был составлен с учетом необходимости подготовки инженера-лидера, способного задумать и воплотить идею межотраслевого проекта.

Будущий выпускник ЭТО должен иметь:

1. Фундаментальные знания соответствующих профилю подготовки дисциплин.
2. Высокий уровень профессионализма в исследовательской работе и проектной деятельности.
3. Склонность к инновационной деятельности по решению современных проблем.
4. Умение организовать процесс производства инновационных продуктов.
5. Способность руководить командной работой по проектированию новых инженерных и технологических решений [8].

Принятый план учебной деятельности должен был обеспечить решение заявленных задач и соответствие уровня подготовки выпускников заявленным требованиям.

### **1.2. Действующий учебный план траектории ЭТО**

Общий вид действующего учебного плана можно представить следующим образом (см. таблицу 1). Частично базовые предметы на кафедрах заменяются предметами на ЭТО,

часть предметов добавляется в обязательном порядке и часть преподается по выбору в виде факультативов.

**Таблица 1.** Общий вид учебного плана

Курс	Поставленные задачи
1 курс	Усиленная подготовка по базовым предметам + Основы проектной и инженерной деятельности
2 курс	
3 курс	Дополнительные предметы для усиления знаний студентов при работе над научными проектами на кафедрах
4 курс	

В настоящее время учебный план по подготовке выпускников ЭТО формируется в ТПУ и утверждается только на уровне руководства вуза. Это дает уникальное преимущество для составления и корректировки учебного плана таким образом, чтобы траектория ЭТО являлась гибкой и позволяла давать студентам современные компетенции даже в условиях быстро меняющихся требований к специалистам. Сейчас учебный план позволяет давать углубленные знания по базовым предметам: физике, математике, экономике, иностранному языку. Это достигается за счет большего количества часов на изучение материала; высокого уровня преподавания материала (благодаря возможности выбора преподавателей); обучения студентов с высоким потенциалом.

В учебный план входят дополнительные предметы, позволяющие научить студентов проектному подходу и командной работе. Среди них: Введение в проектную деятельность, Введение в инженерное изобретательство, Теория решения изобретательских задач, Инженерное предпринимательство, Проектный менеджмент, Менеджмент инноваций, Системная инженерия.

Реализация учебного плана проводится на основании технологии проектно-ориентированного обучения. Процесс обучения организуется вокруг конкретной задачи, решение которой осуществляется в ходе проектной деятельности (подход когнитивного научения) [10].

### **1.3. Анализ эффективности действующей образовательной модели**

Для мониторинга результатов студентов проводится не только тестирование знаний по специальным дисциплинам, но и анализ личностных компетенций, формирующих личность компетентного инженера и предпринимателя.

В 2015 году был проведен сравнительный анализ по пятнадцати критериям студентов ЭТО четвертого года обучения и студентов пятого и шестого года обучения, получающих образование по классической модели. Среди анализируемых качеств были такие как целеустремленность, настойчивость, способность брать на себя риски, быстрота принятия решений, стрессоустойчивость, клиентоориентированность и ряд других. По двенадцати из пятнадцати критериев, студенты ЭТО заняли опережающую позицию [9].

Предполагается, что данное преимущество было достигнуто в результате обучения студентов методикам проектной деятельности и командной работы в процессе изучения дополнительных дисциплин учебного плана и их применения на практике.

В настоящий момент главные практические достижения и точка роста элитного технического образования находятся именно в проектной работе студентов. За последние 3 года удалось вывести проектную деятельность на кардинально новый уровень реализации.

В результате проектной работы достигнута договоренность о продолжении сотрудничества со многими организациями по совместной доработке проектов и последующему запуску их в производство. Среди них доработка и производство очков для слепых людей с сонаром; разработка совместного проекта по энергоэффективной теплице; поддержка проектов по разработке фитостены и системы капельного полива растений [3]. Ряд организаций предоставляет экспертную помощь (экспертная оценка IT-проектов; предложение вести занятия для студентов ЭТО по программированию контроллеров) и/или предоставляет оборудование, комплектующие и программное обеспечение для выполнения проектов.

Однако по результатам проектной деятельности студентов создается значительное количество работающих прототипов, которые не находят своего воплощения в реальной жизни. Так, в 2013 году было 26 заявленных проектов, 25 работающих прототипов, из которых внедрен один. В действие введен разработанный студентами электронный замок, действующий в учебном корпусе ТПУ. В 2014 году из 17 заявленных проектов и 14 работающих на их основе прототипов, было внедрено только 2 проекта:

1. Интерактивная песочница выпускается ООО «Универсальные терминал системы».
2. Энергия, получаемая от ветрогенераторов, которые проектировались студентами, используется для освещения детской площадки в поселке Просторном Томской области.

Проведенный опрос среди студентов также свидетельствует об отсутствии мотивации к завершению обучения в ЭТО по причине непонимания осязаемой цели, которую они должны достигнуть в итоге, что часто становится причиной отчисления с траектории по собственному желанию. Как правило, отчисление по этой причине происходит на 1-2 курсе и составляет 40% от общего числа студентов, поступивших на обучение.

Далее, как правило, на третьем курсе, проблема усугубляется. По статистике 35% студентов отчислены по причине отсутствия корреляции учебного плана ЭТО с базовым учебным планом и осознанного выбора в пользу научных проектов, разрабатываемых на базовой кафедре. На данный момент студентам сложно совмещать проектную деятельность на ЭТО с научной деятельностью на кафедре.

Анализируя текущую ситуацию, следует сделать вывод, что изложенный выше подход к формированию учебного плана полностью оправдан только в том случае, когда базовое образование и траектория ЭТО взаимосвязаны, есть четкая логика в прохождении обучения на базовой кафедре и получения дополнительных компетенций на ЭТО. В настоящее время, учитывая, что на ЭТО обучаются студенты всех технических специальностей ТПУ, данные логические цепочки удастся выстроить не со всеми институтами и кафедрами.

## 2. Планы по реорганизации учебного процесса вследствие анализа результатов образовательной деятельности

Необходимость налаживания структурного взаимодействия с базовыми кафедрами студентов и построения единой логичной траектории обучения студентов с первого курса до окончания вуза с утверждением обязательного практического результата обучения стала причиной для корректировки плана учебной деятельности.

Принята рабочая гипотеза, что система ЭТО может в некоторых случаях быть параллельной, а не дополнительной траекторией, и получаемые знания могут применяться на базовом образовании в случае, если базовое образование имеет реальные проекты и готово вовлекать в них студентов. В случае отсутствия на кафедрах реальных проектов, система ЭТО имеет для студента самостоятельное значение и позволяет реализовать собственный проект.

При этом проблема взаимодействия с базовыми кафедрами в процессе реализации проекта будет решена путем распределения задач.

Задачи ЭТО ТПУ:

- формирование команд с требуемыми компетенциями из студентов разных кафедр для разработки междисциплинарных проектов;
- обучение навыкам, необходимым для реализации проекта;
- координация организационных вопросов;
- привлечение экспертов от промышленности;
- помощь в поиске финансирования;
- совместное написание научных статей по результатам исследовательской деятельности.

Задачи сотрудников кафедр:

- постановка технических задач и координация технической части проектов;
- обучение техническим вопросам в рамках компетенций каждого из участвующих специалистов.

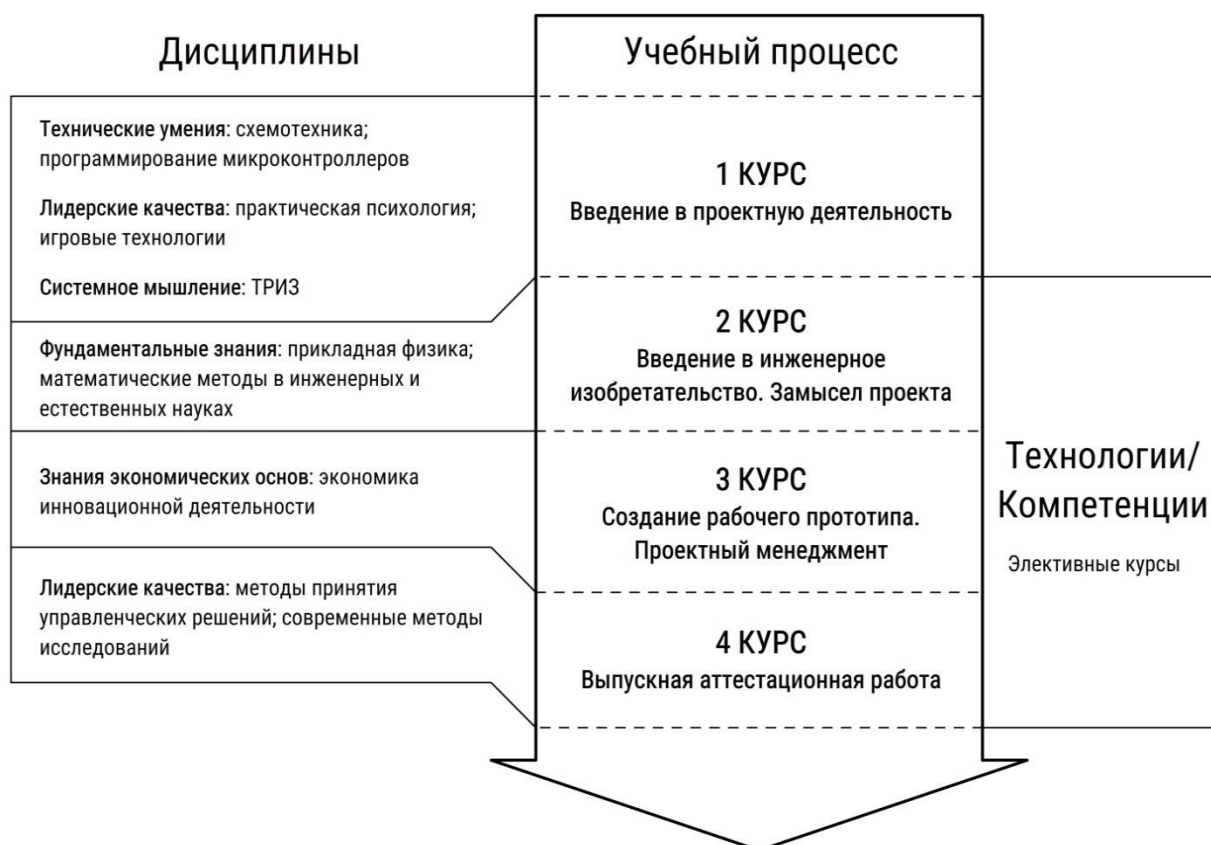
При принятии этих условий, учебный план будет отражать нацеленность системы ЭТО на практическую составляющую инженерного образования. Именно студенческий проект станет основным “стержнем”, на который будут наращиваться компетенции, необходимые именно на данном этапе разработки проекта (рис.1). Скорректированный учебный план планируется реализовать в 2016-2017 учебном году.

Блок ‘Технологии/компетенции’ как важная составляющая часть нового учебного плана включает в себя ряд обязательных и факультативных дисциплин.

Факультативные дисциплины можно выбирать самостоятельно для изучения в наиболее подходящий момент работы над проектом.

К примеру, если проект имеет очевидную практическую значимость и для его воплощения требуется изыскивать дополнительное финансирование, то студенты проходят курс фандрайзинга, где их учат привлекать средства.





**Рис. 1.** Схема организации образовательного процесса

Обязательные дисциплины из блока ‘Технологии/компетенции’ распределены по модулям. К концу второго курса по результатам анализа проектной деятельности и с учетом типа мышления и мотивации происходит разделение студентов по модулям: “новаторы” (innovators), “производственники” (engineers), “исследователи” (researches).

В итоге, на 3-4 курсе учебный план, сохраняя стержневую основу в виде проектной деятельности, разделяется на три модуля.

Планируется, что модуль “Инновации” (Innovation) будет развивать способности студента создавать инновационные продукты (дисциплины “Стратегический менеджмент”, “Инновационный менеджмент”, “Практическая юриспруденция в инновационной деятельности”), давать знания в предпринимательской деятельности (дисциплина “Инженерное предпринимательство”). По этому модулю будут обучаться студенты, которые уже показали свою способность генерировать идеи и быть лидером коллектива при их реализации (по предварительным наблюдениям такие студенты составляют около 10% от общего числа студентов на траектории ЭТО).

Еще небольшая часть (примерно 20%) обучаются по траектории ЭТО для получения глубоких системных знаний, необходимых для научной деятельности. Модуль “Исследования” (Research) предоставляет таким студентам дисциплины, связанные с системным анализом, математическими методами моделирования, аддитивными технологиями производства. Основной упор будет сделан на развитие исследовательских навыков, сотрудничество с научными коллективами ТПУ и мировых вузов.

Большая часть (около 70%) – студенты, способные решать поставленные задачи на высоком уровне. Модуль “Производство” (Industry) будет направлен на развитие сотрудничества с промышленностью и изучение соответствующих этой цели дисциплин (“Бережливое производство”, “Решение ситуационных задач”, “Отраслевые практики”, “Практическая юриспруденция в промышленности”).

На четвертом курсе, в отличие от действующей модели учебного плана, планируется оставить студенту время для подготовки и защиты выпускной квалификационной работы. Это время будет использоваться студентом для доработки проекта и подготовки пакета сопутствующей документации: описания, чертежей и схем.

## **Заключение**

Предполагается, что новые подходы к планированию учебного процесса приведут, во-первых, к построению необходимых межструктурных логических связей между кафедрами ТПУ и образовательной траекторией ЭТО, во-вторых, к достижению конкретных результатов студентами.

Студенты модуля Innovation получают возможность запуска производства разрабатываемой ими продукции. Предлагаем это делать через специально созданное малое инновационное предприятие (МИП) в системе ЭТО. Студенты в этом случае становятся сотрудниками МИПа.

Студенты модуля Industry реализуют проекты предприятия-заказчика. По результатам ожидается или устройство на работу всей команды разработчиков, или опытное внедрение разработки на базе МИП, инвестированное предприятием-заказчиком.

Предполагаемым результатом для студентов модуля Research будет поступление в магистратуру и продолжение работы в научном коллективе. Также возможна ситуация, при которой научная работа будет являться основой проекта для студентов модулей Innovation и Industry.

В настоящий момент принимается упрощенная система ожидаемых результатов. В процессе реализации будут появляться другие сценарии развития событий, которые будут отслеживаться. Однако мы планируем настраивать студентов на данные результаты, как на те, к которым следует стремиться.

## **Список литературы**

- [1]. Бай Ю.Д., Денчук Д.С., Серебрякова Е.Н. Перспективы развития дополнительных образовательных траекторий в технических университетах на примере элитного технического образования НИ ТПУ // Современные наукоемкие технологии: научный журнал. 2016. № 5. Ч. 3. С. 509-515. Режим доступа: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35943> (дата обращения: 29.07.2016)
- [2]. Кондратьев Э.В., Чемезов И.С. Переход российского высшего образования на стандарты CDIO: содержание, перспективы, проблемы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. №3. С. 41-50.



- [3]. Сайт «ЭТО: Элитное техническое образование ТПУ». / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eto.tpu.ru/ru-RU/Projects/Details/19> (дата обращения 21.07.2016).
- [4]. Соловьев М.А., Замятина О.М. Система элитного технического образования // Томский политехник. 2013. № 18. С. 96-103. Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/departments/otdel/oeo/Tab2> (дата обращения: 29.07.2016)
- [5]. Ancona D., Malone T.W., Orlikowski W.J., Senge P.M. In Praise of the Incomplete Leader. // Harvard Business Review. 2007. Режим доступа: <https://hbr.org/2007/02/in-praise-of-the-incomplete-leader> (дата обращения 15.07.2016).
- [6]. Bernard M. Gordon-MIT Engineering Leadership Program. Capabilities of Effective Engineering Leaders. Version 3.6. 2011. / [Electronic resource]. Режим доступа: <http://gelp.mit.edu/sites/default/files/documents/leadershipcapabilities.pdf> (дата обращения 15.07.2016).
- [7]. CDIO Syllabus 2.0. // Site: Conceiving Designing Implementing Operating (CDIO). Режим доступа: <http://www.cdio.org/benefits-cdio/cdio-syllabus/cdio-syllabus-topical-form> (дата обращения 20.07.2016).
- [8]. Chubik P.S., Zamyatina O.M. Training Elite Specialists in Engineering and Technologies. // Proceedings of the 9th International CDIO Conference, on Engineering Leadership in Innovation and Design. Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences. (Cambridge, Massachusetts, USA, June 9 – 13, 2013). 2013. Режим доступа: [http://www.cdio.org/files/document/file/T3C2\\_Chubik\\_061.pdf](http://www.cdio.org/files/document/file/T3C2_Chubik_061.pdf) (дата обращения 10.07.2016).
- [9]. Chuchalin A.I., Solovjev M.A., Zamyatina O.M., Mozgaleva P.I. Elite Engineering Program in Tomsk Polytechnic University - the way to attract talented students into Engineering. // Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON-2013). (Berlin, March 13-15, 2013). Berlin: C. Hanser. 2013. P: 1004 - 1008.
- [10]. Edström K., Kolmos A. Comparing two approaches for engineering education development: PBL and CDIO. // Proceedings of the 8th International CDIO Conference. (Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, July 1 - 4, 2012). 2012. Режим доступа: [http://www.cdio.org/files/document/file/comparing\\_two\\_approaches\\_for\\_engineering\\_education\\_development\\_pbl\\_and\\_cdio.pdf](http://www.cdio.org/files/document/file/comparing_two_approaches_for_engineering_education_development_pbl_and_cdio.pdf) (дата обращения 15.07.2016).
- [11]. Whiddett Steve, Hollyforde Sarah, A practical guide to Competencies: How to enhance individual and organisational performance. 2nd revised ed. Wimbledon, United Kingdom: Chartered Institute of Personnel and Development. 2003. 160 p.