

Чучалин А.И. д.т.н., профессор,
проректор по образовательной и международной деятельности
Национального исследовательского Томского политехнического университета,
председатель Аккредитационного совета Ассоциации инженерного образования России

МОДЕРНИЗАЦИЯ БАКАЛАВРИАТА В ОБЛАСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ С УЧЕТОМ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В 2011 г. российская высшая школа, в том числе система инженерного образования, переходит на уровневую структуру образовательных программ подготовки бакалавров, магистров и специалистов в рамках Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) третьего поколения. Министерством образования и науки РФ утверждены ФГОС по более, чем 60 направлениям бакалавриата и магистратуры, и около 40 специальностям, которые могут быть отнесены к области техники и технологий.

Однако, до сих пор отношение к уровневой системе подготовки, особенно в части бакалавриата по техническим направлениям, остается неоднозначным как со стороны работодателей реального сектора экономики, так и со стороны академической общественности инженерных вузов. Главная причина – сомнение относительно качества подготовки бакалавров к инженерной деятельности, которое может быть достигнуто за четыре года обучения вместо традиционных пяти лет подготовки дипломированных специалистов, в настоящее время составляющих основу инженерного корпуса страны.

Проблема бакалавриата, приходящего на смену специалитету по большинству технических направлений, обострилась весной 2011 г. в связи с особым вниманием к инженерному образованию, проявленным высшим руководством страны. Президент России Д.А. Медведев в течение месяца провел ряд встреч с руководителями промышленных предприятий, инженерно-техническими работниками, студентами и преподавателями вузов, на которых обсуждались проблемы инженерного образования. На 22-м заседании Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России 30 марта в Магнитогорске вопросы подготовки специалистов в области техники и технологий были рассмотрены в контексте инновационного развития страны. По результатам заседания Президент России дал Правительству РФ и непосредственно Минобрнауки России ряд поручений, связанных с решением проблем в области инженерного образования.

Председатель Правительства РФ В.В. Путин в своем выступлении 11 мая 2011 г. в Тольятти на Съезде машиностроителей России говорил о необходимости совершенствования инженерного образования для решения задач новой волны индустриализации страны. Комитет по образованию Государственной Думы Федерального собрания РФ организовал 12 мая парламентские слушания на тему «Развитие инженерного образования и его роль в технологической модернизации России».

Особое внимание к проблемам инженерного образования не случайно. Оно закономерно, поскольку реализация стратегии модернизации экономики и технологического развития страны, о которой много говорится в последнее время, в значительной степени зависит от качества отечественного инженерного образования. Особенно в части массовой подготовки бакалавров по техническим направлениям.

Для того чтобы обеспечить требуемое качество подготовки выпускников образовательных программ первого уровня в области техники и технологий необходима *модернизация инженерного бакалавриата*, в том числе с использованием опыта ведущих стран, давно и успешно реализующих уровневую подготовку специалистов к инженерной деятельности. В первую очередь, следует изучить современные международные требования к профессиональным инженерам и программам их подготовки.

Анализ требований авторитетных международных организаций (*IEA, FEANI, ENAEE*) к компетенциям современных профессиональных инженеров и, соответственно, результатам обучения выпускников образовательных программ в области техники и технологий в университетах позволил выявить особенности, отличающие «американскую» и «европейскую» модели инженера. В частности показано, что требования к бакалавру – инженеру «американской» модели *ABET*, доминирующей в *Washington Accord* и Международном инженерном альянсе (*IEA*), выше требований к бакалавру – инженеру «европейской» модели. В отличие от *EUR-ACE Framework Standard*, разработанного Европейской сетью по аккредитации инженерного образования (*ENAEE*), стандарт *IEA Graduate Attributes and Professional Competencies* требует от выпускников на уровне бакалавриата готовности к *комплексной инженерной деятельности*. Таким образом, для модернизации российского бакалавриата в области техники и технологий с учетом международных стандартов ориентация на «американскую» модель является более предпочтительной, несмотря на участие России в Болонском процессе.

Ассоциация инженерного образования России (АИОР), являющаяся членом международных организаций *IEA* и *ENAEE*, модернизировала Критерий 5 общественно-профессиональной аккредитации образовательных программ в области техники и технологий в российских вузах. Требования к компетенциям выпускников – бакалавров были адаптированы к «американской» модели инженера, а требования к компетенциям выпускников – магистров – к «европейской» модели.

Требования АИОР к результатам обучения и подготовки в вузе выпускников бакалавриата в области техники и технологий к комплексной инженерной деятельности структурированы по профессиональным и универсальным компетенциям:

1. Профессиональные компетенции.

1.1. *Фундаментальные знания.* Применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в *комплексной инженерной деятельности*

1.2. *Инженерный анализ.* Ставить и решать задачи *комплексного* инженерного анализа с использованием *базовых и специальных* знаний, современных аналитических методов и моделей.

1.3. *Инженерное проектирование.* Выполнять *комплексные* инженерные проекты с применением *базовых и специальных* знаний, *современных* методов проектирования для достижения *оптимальных* результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.

1.4. *Исследования.* Проводить *комплексные* инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением *базовых и специальных* знаний и *современных* методов для достижения требуемых результатов.

1.5. *Инженерная практика.* Выбирать и использовать на основе *базовых и специальных* знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения *комплексной* практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений

1.6. *Ориентация на работодателя.* Демонстрировать особые компетенции, связанные с уникальностью задач, объектов и видов *комплексной* инженерной деятельности в области *специализации* (научно-исследовательская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, проектная и др.) на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, а также *готовность* следовать их корпоративной культуре

2. Универсальные компетенции.

2.1. *Проектный и финансовый менеджмент.* Использовать *базовые и специальные* знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения *комплексной* инженерной деятельности

2.2. *Коммуникации.* Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе *на иностранном языке*, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты *комплексной* инженерной деятельности.

2.3. *Индивидуальная и командная работа.* Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении *комплексных* инженерных задач.

2.4. *Профессиональная этика.* Демонстрировать *личную* ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения *комплексной* инженерной деятельности.

2.5. *Социальная ответственность.* Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов *комплексной* инженерной деятельности, *осведомленность* в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.

2.6. *Обучение в течение всей жизни.* Осознавать необходимость и демонстрировать *способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни* и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

Комплексная инженерная деятельность, является сложной и многокомпонентной, охватывает широкий спектр решений различных технических и других вопросов в процессе проектирования, производства и эксплуатации технических объектов, систем, технологического оборудования. Для подготовки специалистов к комплексной инженерной деятельности в ведущих университетах мира реализуется концепция *CDIO* (*Conceive, Design, Implement, Operate*), разработанная в Массачусетском технологическом институте (*MIT*, США) с участием ученых, преподавателей и представителей промышленности.

Международный проект *CDIO Initiative* направлен на разрешение кажущегося противоречия и установление консенсуса между теорией и практикой в инженерном образовании. Основой модернизации базового инженерного образования на уровне бакалавриата согласно концепции *CDIO* является подготовка выпускников к комплексной инженерной деятельности, которая включает:

1. Изучение потребностей в продуктах инженерной деятельности и возможностей их удовлетворения; планирование производства продукции - технических объектов, систем и технологических процессов; проектный менеджмент разработки и производства продуктов (*Conceive*).
2. Проектирование продуктов инженерной деятельности на дисциплинарной и междисциплинарной основе (*Design*).
3. Производство продуктов инженерной деятельности, в том числе аппаратуры и программного обеспечения, их интеграция; проверка, испытание и сертификация продукции (*Implement*).
4. Применение продуктов инженерной деятельности, управление их жизненным циклом и утилизация (*Operate*).

Компетенции бакалавров в области техники и технологий, которые планируется сформировать в результате освоения соответствующих образовательных программ в университете, определяются *CDIO Syllabus* и классифицируются по четырем основным разделам (версия 2, 2011 г.):

1. Дисциплинарные знания и основы инжиниринга.

1.1. *Базовые знания математики и естественных наук* (физика, химия, биология).

1.2. *Базовые знания основ инженерного дела.*

1.3. *Передовые знания основ инженерного дела, методов и инструментов.*

2. Профессиональное мастерство и личностные качества.

2.1. *Аналитическое обоснование и решение проблем* (постановка проблем, данные и характеристики, допущения и источники отклонений, приоритеты в контексте конечных целей, план действий, моделирование, концептуальные и качественные модели, количественные модели и имитационное моделирование, оценка и качественный анализ, анализ с неопределенностью, решения и рекомендации).

2.2. *Экспериментирование, исследования и приобретение знаний* (формулирование

гипотезы, информационный поиск, экспериментальные исследования, проверка и защита гипотезы).

2.3. *Системное мышление* (целостность мышления, возникновение системы и взаимодействия в системе, расстановка приоритетов, компромиссы, оценки и балансы в решении вопросов).

2.4. *Позиция, мышление и познание* (инициатива и готовность к принятию решения в условиях неопределенности, настойчивость в достижении цели, изобретательность и гибкость, творческое мышление, критическое мышление, самосознание, самопознание и интеграция знания, обучение и образование в течение всей жизни, управление временем и ресурсами).

2.5. *Этика, беспристрастность и другие виды ответственности* (этика, честность и социальная ответственность, профессиональное поведение, упреждающее видение и смысл жизни, современные отношения в мире техники и технологи, общность и различия, доверие и лояльность).

3. Межличностные компетенции: работа в команде и коммуникации.

3.1. *Работа в команде* (формирование эффективной команды, управление командой, командный рост и развитие, лидерство в команде, технические и междисциплинарные команды).

3.2. *Коммуникации* (коммуникационная стратегия, коммуникационная структура, письменная коммуникация, электронные/мультимедиа коммуникации, графические коммуникации, устная презентация, опрос, умение слушать, ведение диалога, ведение переговоров, достижение компромисса, разрешение конфликта, отстаивание позиции, установление различных связей и сетевого взаимодействия).

3.3. *Коммуникации на иностранных языках* (коммуникация на английском языке, коммуникация на языках регионов профессиональной деятельности, коммуникация на других иностранных языках).

4. Планирование, проектирование, производство и применение продукции в контексте предприятия, общества и окружающей среды.

4.1. *Социальный и экологический контекст* (роль и ответственность инженера, влияние инженерной деятельности на общество и окружающую среду, общественное регулирование инженерной деятельности, исторический и культурный контекст, современные проблемы и ценности, развитие глобальных перспектив, необходимость устойчивого развития).

4.2. *Предпринимательский и деловой контекст* (восприятие различной предпринимательской культуры, заинтересованные стороны, цели и стратегия, инженерное предпринимательство, работа в организациях, работа в международных организациях, новые технологии разработки и оценки, экономика и финансы инженерного проекта).

4.3. *Планирование, системный инжиниринг и менеджмент* (изучение потребностей и постановка целей, определение функции, концепции и структуры, системный инжиниринг, моделирование и интерфейс, проектный менеджмент разработки).

4.4. *Проектирование* (процесс проектирования продукции, стадии и методы проек-

тирования, применение знаний при проектировании, дисциплинарный проект, междисциплинарный проект, обеспечение устойчивости, безопасности, эстетичности, управляемости продукции).

4.5. *Производство* (проектирование устойчивого производственного процесса, процесс производства технической продукции, процесс производства программной продукции, системная интеграция технической и программной продукции, испытание, проверка, аттестация и сертификация продукции, производственный менеджмент).

4.6. *Применение* (проектирование и оптимизация устойчивого и безопасного применения продукции, обучение применению, поддержка жизненного цикла продукции, системные улучшения и эволюция продукции, завершение жизненного цикла и утилизация продукции, управление применением продукции).

В процессе разработки и совершенствования *CDIO Syllabus* участниками проекта производился тщательный сравнительный анализ и согласование содержащихся в нем требований к компетенциям бакалавров в области техники и технологий с требованиями со стороны высокотехнологичных отраслей промышленности, в частности компании *Boeing*; профессиональных организаций, аккредитующих программы инженерного образования, в частности *ABET*; европейской рамкой квалификаций *EQF* и стандартами *EUR-ACE*; документами международных организаций в области образования, в частности *UNESCO Four Pillars of Learning*, и другими.

Интерес представляет сравнительный анализ приведенных выше требований *CDIO Syllabus* и требований Критерия 5 АИОР для общественно-профессиональной аккредитации образовательных программ технического бакалавриата в российских вузах (табл. 1).

Таблица 1

<i>CDIO</i> АИОР	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
1.1	X	X	X														
1.2				O		O								O			
1.3															X		
1.4				O	X												
1.5			O											O	O	O	O
1.6														O	O	O	O
2.1													X				
2.2										X	X						
2.3									X								
2.4								X									
2.5												X					

2.6								О										
-----	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

В табл. 1 столбцы имеют нумерацию, соответствующую приведенным выше требованиям *CDIO Syllabus*, а строки имеют нумерацию требований Критерия 5 АИОР. Знаком «X» отмечено полное совпадение требований, а знаком «О» отмечено совпадение требований по существу.

Из таблицы следует, что полное совпадение требований *CDIO Syllabus* и Критерия 5 АИОР имеет место по большинству позиций: в части фундаментальной естественнонаучной, математической и общепрофессиональной подготовки бакалавров, их компетенций в области проектирования, исследовательской работы, проектного и финансового менеджмента, коммуникаций, индивидуальной и командной работы, профессиональной этики и социальной ответственности. Требование Критерия 5 АИОР относительно готовности бакалавров к инженерному анализу (1.2) по существу совпадает с требованиями *CDIO Syllabus* к их способностям к аналитическому обоснованию и решению проблем (2.1) и системному мышлению (2.3). Требования Критерия 5 АИОР по инженерной практике (1.5) и ориентации на работодателя (1.6) согласуются с основными требованиями *CDIO Syllabus* относительно готовности бакалавров к практическому решению задач планирования, проектирования, производства и применения продуктов инженерной деятельности (4.3 – 4.6). Требования Критерия 5 АИОР в части обучения в течение всей жизни (2.6) корреспондируются с содержанием требования 2.4 - Позиция, мышление и познание *CDIO Syllabus*.

Следует отметить, что в табл. 1 представлены результаты сравнительного анализа *основных* требований *CDIO Syllabus* с требованиями Критерия 5 АИОР для программ бакалавриата в области техники и технологий. Во второй версии *CDIO Syllabus* введены ряд *дополнительных* требований к содержанию инженерного образования в части лидерства и предпринимательства.

Так позиция 4.7. *Лидерство в инженерной деятельности CDIO Syllabus v 2.0* дополняет требования 2.3 - 2.5, 3.1 - 3.3 и 4.1 - 4.3 в части компетенций, формирующих целеустремленность выпускников (выявление парадоксальных проблем; творческое мышление и коммуникационные способности; видение решения проблем; создание концепции нового решения) и способность предвидения (лидерство в организации и за ее пределами; планирование и управление проектом до его полного завершения; контроль проекта, критическое обоснование и защита решения; инновации – разработка новых приборов, материалов и процессов, являющихся новыми товарами или услугами и представляющими особую ценность).

Позиция 4.8. *Инженерное предпринимательство CDIO Syllabus v 2.0* дополняет требования 4.1 - 4.3, 4.6 и 4.7 в части особых компетенций выпускников в области организации и ведения бизнеса (создание предприятия; организация и управление его работой; бизнес-планирование разработок; капитализация компании и финансы; маркетинг инновационной продукции; планирование производства продукции и услуг с использованием новых технологий; инновационные системы, сети, инфраструктура и сервис; формирование команды и стимулирование инженерных процессов; управление интеллектуальной собственностью).

Достоинством *CDIO Syllabus* является то, что в отличие от требований со стороны работодателей и профессиональных организаций, аккредитующих образовательные программы в университетах, требования *CDIO Syllabus*, предъявляемые к результатам подготовки бакалавров в области техники и технологий, декомпозируются на *четырёх* уровнях. Это позволяет разработчикам образовательных программ эффективно реализовать компетентный подход - детально определять исходные данные для проектирования программ и ставить задачи университетским преподавателям, обеспечивающим модули и отдельные дисциплины программы.

Требования *CDIO Syllabus* дают возможность при проектировании образовательных программ дать ответы на *три главных вопроса*: «Что должен уметь выпускник?», «Что необходимо сделать, чтобы научить его этому?» и «Что должен сделать выпускник, чтобы продемонстрировать свои умения?». Иными словами, это означает решение трех важнейших задач: планирования, достижения и оценки результатов обучения.

Наряду с *CDIO Syllabus*, задающим требования к результатам обучения, участниками проекта разработаны *CDIO Standards*, определяющие требования к образовательным программам бакалавриата в области техники и технологий:

Standard 1 – Принцип *CDIO* является основой инженерного образования в контексте жизненного цикла продукции инженерной деятельности (Планирование – Проектирование – Производство - Применение).

Standard 2 - *CDIO Syllabus* определяет и детализирует требования к результатам обучения и подготовки бакалавров к инженерной деятельности.

Standard 3 – Интегрированный учебный план содержит дисциплины, формирующие личностные, межличностные и профессиональные компетенции выпускников образовательной программы.

Standard 4 – Учебный план содержит водный курс по инженерному делу, который создает основы для формирования значимых профессиональных, личностных и межличностных компетенций выпускников программы.

Standard 5 – Учебный план включает два или более проекта, предусматривающих приобретение опыта практической проектной деятельности (один – на базовом уровне, другой - на продвинутом уровне).

Standard 6 – В процессе обучения формируется рабочее пространство для практической инженерной деятельности по созданию продуктов и систем для закрепления профессиональных и социальных навыков студентов.

Standard 7 - Интегрированное обучение обеспечивает приобретение профессиональных, личностных и межличностных компетенций выпускников программы.

Standard 8 - Обучение основано на использовании активных и эффективных практико-ориентированных методах.

Standard 9 – Обеспечивается повышение компетентности преподавателей в области инженерной деятельности по созданию продуктов и систем.

Standard 10 – Осуществляется повышение квалификации преподавателей в области использования активных методов преподавания и оценки результатов обучения.

Standard 11 - Применяются адекватные методы оценки результатов обучения, формирующих профессиональные, личностные и межличностные компетенций выпускников программы.

Standard 12 – Осуществляется оценка соответствия образовательной программы *CDIO Standards* и обеспечивается обратная связь со студентами, преподавателями и другими заинтересованными лицами для непрерывного совершенствования программы.

Приведенные выше 12 *CDIO Standards* определяют философию программ подготовки бакалавров к комплексной инженерной деятельности (*Standard 1*), задают требования к формированию учебного плана (*Standards 2, 3 и 4*), образовательной среде (*Standards 5 и 6*), методам обучения (*Standards 7 и 8*), преподавателям (*Standards 9 и 10*) и методам оценки результатов обучения студентов и программы в целом (*Standards 11 и 12*).

Важно отметить, что для каждого *CDIO Standard* имеется его *описание, логическое обоснование и доказательства*, содержащие примеры документирования фактов, демонстрирующих уровень соответствия программы тому или иному стандарту. Это позволяет разработчикам образовательных программ подготовки бакалавров в области техники и технологий в университетах произвести сравнительный анализ соответствия программ международным требованиям *CDIO Standards* и при необходимости осуществить их модернизацию. Следует также заметить, что многие зарубежные университеты используют *CDIO Syllabus* и *CDIO Standards* для проведения самооценки образовательных программ при подготовке их к аккредитации, наряду с соответствующими критериями аккредитационных агентств.

Ведущим российским вузам, планирующим модернизацию образовательных программ технического бакалавриата для приведения их в соответствие с международными стандартами, в первую очередь федеральным и национальным исследовательским университетам, получившим право реализовать программы на основе собственных образовательных стандартов, следует обратить внимание на требования критериев международной аккредитации инженерных программ, а также *CDIO Syllabus* и *CDIO Standards*.

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете в 2010 г. введены в действие Стандарты и руководства по обеспечению качества основных образовательных программ подготовки бакалавров, магистров и специалистов по приоритетным направлениям развития с учетом международных стандартов инженерного образования (Стандарт ООП ТПУ – 2010). Стандарт университета, в частности, определяет требования к проектированию образовательных программ в области техники и технологий с ориентацией на критерии международной аккредитации АИОР, совместимые со стандартами *EUR-ACE* и *Washington Accord*.

В настоящее время на основе Стандарта ООП ТПУ – 2010 в университете осуществляется масштабная модернизация образовательных программ, в том числе подготовки бакалавров в

области техники и технологий. В процессе модернизации планируется использование результатов международного проекта *CDIO Initiative* и присоединение Национального исследовательского Томского политехнического университета первым из российских вузов к участникам проекта.

Для обмена опытом и создания современной отечественной модели системы подготовки бакалавров в области техники и технологий, соответствующей международным стандартам инженерного образования и задачам развития в стране глобально конкурентоспособного производства, целесообразным представляется реализация сетевого проекта с участием ведущих российских вузов. В процессе выполнения проекта могли бы быть решены следующие актуальные задачи:

- изучение и критический анализ международных стандартов инженерного образования на уровне бакалавриата и требований к компетенциям современных профессиональных инженеров в ведущих странах мира,
- анализ и международная экспертиза национальных профессиональных стандартов, требований ФГОС и отечественных работодателей к программам подготовки бакалавров в области техники и технологий по приоритетным направлениям,
- формирование и международная экспертиза интегрального перечня компетенций выпускников-бакалавров в области техники и технологий, соответствующих подготовке к комплексной инженерной деятельности в условиях современного производства,
- актуализация методики и технологии проектирования структуры и содержания образовательных программ инженерного бакалавриата с учетом критериев международной аккредитации,
- разработка рекомендаций по реализации образовательных программ с учетом лучших мировых практик применения активных и эффективных технологий достижения запланированных результатов обучения,
- разработка рекомендаций по номенклатуре образовательных программ инженерного бакалавриата по приоритетным направлениям с учетом мирового опыта,
- создание модели интегрированной системы управления качеством образовательных программ подготовки бакалавров в области техники и технологий на основе собственного образовательного стандарта вуза.