

## О ПРИМЕНЕНИИ ПОДХОДА CDIO ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УРОВНЕВЫХ ПРОГРАММ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**ЧУЧАЛИН Александр Иванович** – д-р техн. н., проф., зав. кафедрой инженерной педагогики, Национальный исследовательский Томский политехнический университет. E-mail: [chai@tpu.ru](mailto:chai@tpu.ru)

**Аннотация.** В статье приведены результаты анализа и оценки степени актуальности CDIO Syllabus для проектирования уровневых программ инженерного образования (бакалавриат, магистратура и аспирантура по техническим направлениям). Анализ основан на сопоставлении планируемых результатов обучения, представленных в CDIO Syllabus v2, и требований к подготовке специалистов различного уровня к комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности. Требования определены с учетом ФГОС ВО и критериев профессионально-общественной аккредитации АИОР, согласованных с международными стандартами. Используются результаты экспертизы разделов CDIO Syllabus v2 слушателями сетевой программы повышения квалификации руководителей и преподавателей вузов России и стран СНГ «Применение концепции CDIO в инженерном образовании».

**Ключевые слова:** уровневое инженерное образование, CDIO Syllabus, результаты обучения, проектирование образовательных программ

**Для цитирования:** Чучалин А.И. О применении подхода CDIO для проектирования уровневых программ инженерного образования // Высшее образование в России. 2016. № 4 (200). С. 17–32.

### Введение

При современном развитии техники и технологий система разделения труда в области инженерной деятельности усложняется. Это вызывает необходимость совершенствования *уровневой системы инженерного образования* и подготовки выпускников вузов к различным видам деятельности. В рамках Болонского процесса в странах Европы, в том числе в России, а также в ряде других стран, формируется *уровневая система высшего инженерного образования* с реализацией программ на трех уровнях: *бакалавриат, магистратура и аспирантура* (PhD-программы в зарубежных вузах).

Во многих университетах мира модернизация программ подготовки бакалавров к *комплексной инженерной деятельности* на всех этапах жизненного цикла технических объектов, процессов и систем осуществляется с использованием подхода CDIO (*Conceive, Design, Implement, Operate*)

[1]. Данный подход широко применяется, так как хорошо согласуется с требованиями международных стандартов *IAE Graduate Attributes and Professional Competences* к результатам обучения в вузе и компетенциям профессиональных инженеров [2]. Подход CDIO позволяет проектировать и реализовывать программы бакалавриата как базового инженерного образования в соответствии с критериями аккредитации инженерных программ в странах-участниках *Washington Accord*, в том числе с критериями профессионально-общественной аккредитации Ассоциации инженерного образования России (АИОР) [3].

Программы магистратуры по техническим направлениям в соответствии с требованиями критериев АИОР, согласованными с *EUR-ACE Framework Standards and Guidelines*, как правило, ориентируют выпускников на *инновационную инженерную деятельность* [4]. Программы подготовки научно-педагогических кадров в аспиран-

туре, согласно требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО), направлены в основном на подготовку выпускников к *исследовательской деятельности* в области технических наук. Аналогичные рекомендации для PhD-программ изложены в материалах «*Quality Assurance in Doctoral Education – results of the ARDE project*» – проекта, выполненного в рамках деятельности Ассоциации европейских университетов (EUA) [5].

Следует отметить, что комплексная инженерная деятельность предполагает участие бакалавров в разработке и планировании (*Conceive*), а также проектировании (*Design*) технических объектов, процессов и систем. Однако на практике выпускники программ бакалавриата чаще участвуют в производстве (*Implement*) и применении (*Operate*) технической продукции. Инновационная деятельность выпускников магистратуры преимущественно связана с проектированием (*Design*) новых инженерных объектов, а исследовательская деятельность выпускников аспирантуры (PhD-программ) главным образом направлена на разработку научных основ создания инновационной продукции (*Conceive*). Однако выпускники магистратуры и аспирантуры могут участвовать также в производстве и применении (*Operate & Implement*) продуктов инженерной деятельности.

Системный подход к проектированию инженерного образования на уровне магистратуры и аспирантуры, аналогичный подходу CDIO к базовому инженерному образованию на уровне бакалавриата, пока не разработан. В то же время для исследовательских и федеральных университетов, в особенности для участников проекта повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, важно иметь ориентиры повышения качества образовательных программ магистратуры и аспирантуры по техническим направле-

ям, подобные *CDIO Standards* и *CDIO Syllabus*. Достоинством последних является то, что в отличие от критериев аккредитации образовательных программ требования *CDIO Syllabus* более детально изложены и удобны в использовании при разработке образовательных программ в вузах [6]. В Сколковском институте науки и технологий разработан *Skoltech Learning Outcomes Framework* для проектирования MSc и PhD-программ, ориентированных на исследования и инновации [7]. Однако *Skoltech Learning Outcomes Framework* не делает различий в требованиях к результатам обучения выпускников MSc и PhD-программ, связанных с особенностями их будущей профессиональной деятельности – инновационной и исследовательской соответственно. В настоящее время при проектировании программ базового инженерного образования подход CDIO ориентирует разработчиков на планируемые результаты обучения, представленные в *CDIO Syllabus v2* [8]. В зависимости от планируемых результатов обучения разрабатываются структура, содержание, технологии реализации и оценки качества образовательных программ. Таки образом, структура и содержание планируемых результатов обучения, представленных в *CDIO Syllabus v2*, являются системообразующими факторами при проектировании структуры и содержания образовательных программ.

Для программ бакалавриата, ориентированных в основном на подготовку к комплексной инженерной деятельности, все планируемые результаты обучения, представленные в *CDIO Syllabus v2*, являются актуальными. Однако степень их актуальности различна, что отражается на структуре и содержании программ. Для программ магистратуры и аспирантуры степень актуальности разделов *CDIO Syllabus v2* может существенно отличаться от степени их актуальности для программ бакалавриата, поскольку они предназначены для подго-

товки специалистов к профессиональной деятельности других видов (инновационной и исследовательской).

Во втором издании книги «*Rethinking Engineering Education, the CDIO Approach*»<sup>1</sup> авторы указывают на принципиальную возможность адаптации подхода CDIO к проектированию магистерских и PhD-программ [1]. Однако они не дают рекомендаций относительно того, как следует адаптировать *CDIO Standards* и *CDIO Syllabus* к уровневой системе инженерного образования.

В настоящей статье делается попытка анализа и оценки степени актуальности *CDIO Syllabus v2* для проектирования образовательных программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям. Анализ основан на сопоставлении требований к подготовке специалистов различного уровня к комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности. Требования к компетенциям бакалавров, магистров и кадров высшей квалификации определены в результате интеграции и систематизации требований ФГОС ВО и критериев профессионально-общественной аккредитации АИОР, согласованных с *IAE Graduate Attributes and Professional Competences* и *EUR-ACE Framework Standards and Guidelines*. В статье также использованы результаты экспертизы структуры и содержания *CDIO Syllabus v2* слушателями сетевой программы повышения квалификации руководителей и преподавателей вузов «Применение концепции CDIO в инженерном образовании», реализуемой в рамках совместного проекта Томского политехнического университета и Сколковского института науки и технологий «CDIO Академия» [9]. В экспертизе участвовали представители 15 университетов России и стран СНГ.

#### Виды инженерной деятельности и компетенции выпускников

Как уже отмечалось, выпускники программ бакалавриата по техническим направлениям готовятся в основном к *комплексной инженерной деятельности*: планированию, проектированию, производству и применению технических объектов, систем и технологических процессов, решению широкого спектра различных инженерно-технических и других вопросов на всех этапах жизненного цикла продуктов инженерной деятельности. Комплексные инженерные проблемы решаются с использованием *базовых* знаний математики, естественных, технических и других наук, а также специальных технических, экономических, управленческих и других знаний, в том числе междисциплинарных, соответствующих профилю (специализации).

Ниже представлен перечень основных компетенций бакалавров, соответствующих национальным и международным стандартам базового инженерного образования [2; 3].

- *Применение фундаментальных знаний.* Применение базовых и углубленных математических, естественнонаучных, гуманитарных, социально-экономических и технических знаний в междисциплинарном контексте для решения комплексных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки.

- *Инженерный анализ.* Постановка и решение задач комплексного инженерного анализа, соответствующих направлению подготовки, с использованием базовых и углубленных знаний, современных аналитических методов и моделей.

- *Инженерное проектирование.* Выполнение комплексных инженерных проектов технических объектов, систем и технологических процессов, соответствующих направлению подготовки, с учетом эконо-

<sup>1</sup> Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э.Ф. Кроули и др. / Пер. с англ. под науч. ред. А. Чучалина. М.: Изд. дом ВШЭ, 2015. 504 с.

мических, экологических, социальных и других ограничений.

- *Исследования.* Проведение исследований при решении комплексных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки, включая постановку эксперимента, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и углубленных знаний.

- *Инженерная практика.* Создание, выбор и применение необходимых ресурсов и методов, включая прогнозирование и моделирование, современных технических и ИТ-средств для решения комплексных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки, с учетом возможных ограничений.

- *Специализация и ориентация на рынок труда.* Компетенции, связанные с особенностью проблем, объектов и видов комплексной инженерной деятельности, соответствующей направлению и профилю подготовки, на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.

- *Менеджмент.* Использование базовых и углубленных знаний в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью, соответствующей направлению подготовки.

- *Коммуникация.* Эффективная коммуникация, в том числе на иностранном языке, в профессиональной среде и обществе, разработка документации, презентация и защита результатов комплексной инженерной деятельности, соответствующей направлению подготовки.

- *Индивидуальная и командная работа.* Эффективная индивидуальная работа и работа в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки.

- *Профессиональная этика.* Личная ответственность и приверженность нормам профессиональной этики в комплексной инженерной деятельности.

- *Социальная ответственность.*

Комплексная инженерная деятельность по направлению подготовки с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, социальная ответственность за принимаемые решения, обеспечение устойчивого развития.

- *Образование в течение всей жизни.*

Осознание необходимости непрерывного профессионального совершенствования и способность к самостоятельному обучению.

Анализ приведенного перечня показывает, что большая часть (>60%) планируемых компетенций бакалавров связана с подготовкой к комплексной инженерной деятельности на этапах производства и применения технических объектов, процессов и систем (*Implement & Operate*), 25% результатов обучения ориентированы на инновационную деятельность (*Design*), а чуть более 10% компетенций дают бакалаврам возможность участвовать в исследованиях (*Conceive*). Такая структура компетенций определяет приоритетную область профессиональной деятельности бакалавров (рис. 1а).

Выпускники магистерских программ готовятся в основном к *инновационной инженерной деятельности*, направленной на разработку и создание новой техники и технологий, обеспечивающих новый социальный и (или) экономический эффект, а потому особо востребованных и конкурентоспособных. Инновационная инженерная деятельность является междисциплинарной. Она требует *глубоких* фундаментальных и прикладных знаний, основана на анализе и синтезе технических объектов, систем и технологических процессов с использованием математических моделей *высокого* уровня.

Ниже представлен перечень основных компетенций магистров в области техники и технологий, соответствующих наци-

ональным и международным стандартам [3; 4].

- *Применение фундаментальных знаний.* Применение глубоких математических, естественнонаучных, гуманитарных, социально-экономических и технических знаний в междисциплинарном контексте для решения инновационных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки.

- *Инженерный анализ.* Постановка и решение инновационных задач инженерного анализа, соответствующих направлению подготовки, с использованием глубоких фундаментальных и прикладных знаний, аналитических методов и сложных моделей.

- *Инженерное проектирование.* Выполнение инновационных инженерных проектов технических объектов, систем и технологических процессов, соответствующих направлению подготовки, с учетом жестких экономических, экологических, социальных и других ограничений.

- *Исследования.* Проведение исследований при решении инновационных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки, включая постановку сложного эксперимента, формулировку выводов в условиях неоднозначности, с применением глубоких знаний и оригинальных методов.

- *Инженерная практика.* Создание и применение необходимых ресурсов и методов, включая прогнозирование и моделирование, современных технических и ИТ-средств для решения инновационных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки, с учетом жестких ограничений.

- *Специализация и ориентация на рынок труда.* Демонстрация компетенций, связанных с особенностью проблем, объектов и видов инновационной инженерной деятельности, соответствующей направлению и профилю подготовки, на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.

- *Менеджмент.* Использование знаний в области проектного и финансового менеджмента для управления инновационной инженерной деятельностью, соответствующей направлению подготовки.

- *Коммуникация.* Эффективная коммуникация, в том числе на иностранном языке, в профессиональной среде и в обществе, разработка документации, презентация и защита результатов инновационной инженерной деятельности, соответствующей направлению подготовки.

- *Индивидуальная и командная работа.* Эффективная индивидуальная работа и работа в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении инновационных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки.

- *Профессиональная этика.* Личная ответственность и приверженность нормам профессиональной этики в инновационной инженерной деятельности.

- *Социальная ответственность.* Инновационная инженерная деятельность по направлению и профилю подготовки с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, социальная ответственность за принимаемые решения, обеспечение устойчивого развития.

- *Образование в течение всей жизни.* Осознание необходимости непрерывного профессионального совершенствования и способность к самостоятельному обучению.

Анализ данного перечня показывает, что 50% планируемых компетенций магистров связаны с подготовкой к инновационной инженерной деятельности (*Design*), 25% результатов обучения ориентированы на комплексную инженерную деятельность (*Implement & Operate*), а 25% компетенций позволяют магистрам участвовать в исследованиях (*Conceive*). Структура подготовки магистров определяет область их пред-

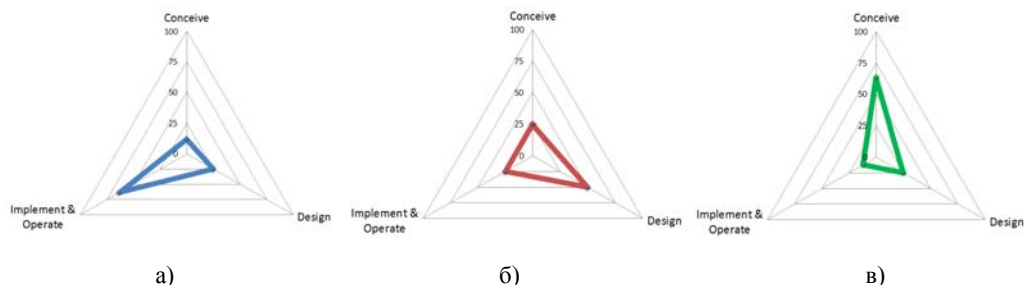


Рис. 1. Области инженерной деятельности бакалавров, магистров и научно-педагогических кадров

почтительной профессиональной деятельности (рис. 1б).

Кадры высшей квалификации готовятся в аспирантуре в основном к *исследовательской деятельности* в области *технических наук*. Она направлена на *генерацию* новых знаний, трансформацию фундаментальных знаний в прикладные для их последующего применения в инженерной деятельности, а также на научное сопровождение разработок новой техники и технологий с использованием результатов исследований.

Перечень компетенций научно-педагогических кадров — выпускников аспирантуры, представленный ниже, соответствует европейской модели PhD-программ [5] и рекомендован для нового ФГОС ВО «Инженерное дело, технологии и технические науки».

- **Фундаментальные знания.** Генерирование новых знаний на основе системного научного мировоззрения, результатов исследовательской деятельности и критического анализа научных данных.
- **Технологические инновации.** Оценка необходимости и экономической целесообразности совершенствования производства за счет технологических инноваций на основе наукоемких разработок.
- **Наукоемкие разработки.** Разработка и создание новой наукоемкой техники и технологий с применением существующих знаний в междисциплинарном контексте и

использованием результатов собственных исследований.

- **Проектный и финансовый менеджмент.** Эффективная организация научных исследований и наукоемких разработок и управление ими на основе современных методов проектного и финансового менеджмента.
- **Результаты научных исследований.** Публикация результатов научных исследований в изданиях мирового уровня и защита авторских прав при создании инновационной продукции.
- **Работа в коллективе.** Исследования и разработки в коллективе, в том числе международном, с полномочиями и ответственностью члена или руководителя группы, соблюдением профессиональной этики и юридических норм.
- **Профессиональное совершенствование.** Непрерывное саморазвитие и профессиональное совершенствование за счет приобретения и систематизации новых знаний, накопления опыта научных исследований и наукоемких разработок.
- **Педагогическая деятельность.** Преподавательская деятельность, разработка и реализация основных образовательных программ высшего образования.

Анализ показывает, что большинство (>60%) планируемых компетенций кадров высшей квалификации связаны с подготовкой к исследовательской деятельности в области техники и технологий (*Conceive*), 25% результатов обучения ориентированы

на инновационную инженерную деятельность (*Design*), а чуть более 10% компетенций соответствуют комплексной инженерной деятельности на этапах производства и применения продукции (*Implement & Operate*). Указанная структура подготовки определяет область профессиональной деятельности кадров высшей квалификации (рис. 1б).

### Структура и содержание CDIO Syllabus v2

В табл. 1 приведена структура *CDIO Syllabus v2* для планирования результатов обучения (*Learning Outcomes*) при проектировании инженерных программ [7]. Результаты обучения представляют собой *знания, умения и опыт*, приобретаемые при освоении программ базового инженерного образования – бакалавриата. Результаты обучения сгруппированы по разделам и детализированы для удобства использования при проектировании образовательных программ в вузах (в табл. 1 представлены три из четырех уровней декомпозиции, содержащихся в [7]).

На рис. 2 представлены результаты экспертной оценки степени актуальности разделов *CDIO Syllabus v2* как факторов пла-

нирования результатов обучения, определяющих структуру и содержание образовательных программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям. Степень актуальности разделов *CDIO Syllabus v2* оценивается по 4-балльной шкале: 1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий, 4 – очень высокий.

Ниже приведены обоснования экспертных оценок степени актуальности разделов *CDIO Syllabus v2* при планировании результатов освоения образовательных программ и распределении научно-образовательных ресурсов, необходимых для достижения соответствующих результатов обучения.

### Раздел 1 CDIO Syllabus v2

*Базовые знания математики и естественных наук* (раздел 1.1), *методов и инструментария* (раздел 1.3), лежащих в основе инженерного дела (раздел 1.2), а также *прогрессивные знания* (раздел 1.3) техники и технологий, соответствующие направлению и профилю подготовки, абсолютно необходимы для комплексной инженерной деятельности. Указанные знания должны приобретаться в полном объеме при освоении образовательных программ

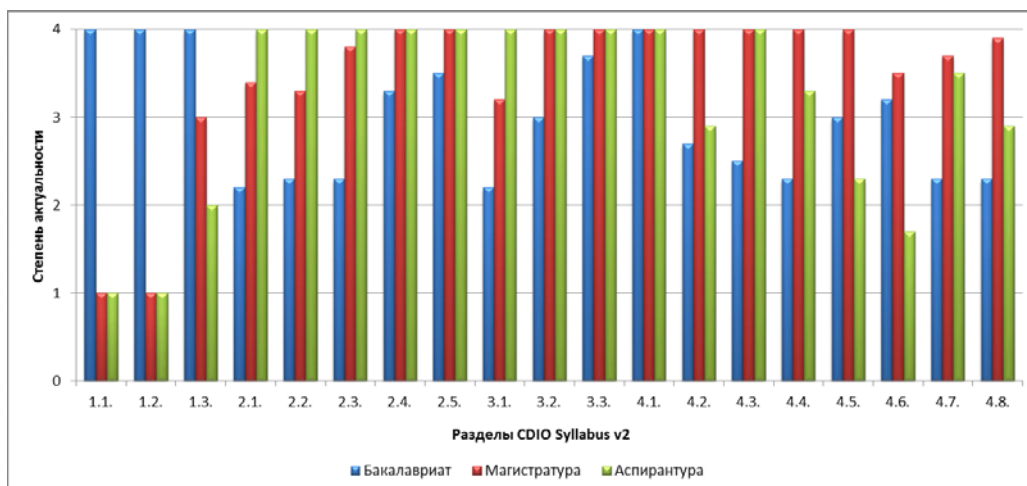


Рис. 2. Степень актуальности разделов *CDIO Syllabus v2* для проектирования уровней программ инженерного образования

Таблица 1

| Результаты освоения инженерных программ                                       |  |
|-------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>1. ДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗНАНИЯ И ОСНОВЫ ИНЖИНИРИНГА</b>                          |  |
| <b>1.1. Базовые знания математики и естественных наук</b>                     |  |
| 1.1.1. Математика (включая статистику)                                        |  |
| 1.1.2. Физика                                                                 |  |
| 1.1.3. Химия                                                                  |  |
| 1.1.4. Биология                                                               |  |
| <b>1.2. Ключевые знания основ инженерного дела</b>                            |  |
| <b>1.3. Передовые знания основ инженерного дела, методов и инструментария</b> |  |
| <b>2. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ЛИЧНОСТНЫЕ КАЧЕСТВА</b>                  |  |
| <b>2.1. Аналитическое обоснование и решение проблем</b>                       |  |
| 2.1.1. Постановка и формулирование проблем                                    |  |
| 2.1.2. Моделирование                                                          |  |
| 2.1.3. Оценка и качественный анализ                                           |  |
| 2.1.4. Анализ с неопределенностью                                             |  |
| 2.1.5. Решения и рекомендации                                                 |  |
| <b>2.2. Экспериментирование, исследования и приобретение знаний</b>           |  |
| 2.2.1. Формулирование гипотезы                                                |  |
| 2.2.2. Информационный поиск (печатные и электронные издания)                  |  |
| 2.2.3. Экспериментальные исследования                                         |  |
| 2.2.4. Проверка и защита гипотезы                                             |  |
| <b>2.3. Системное мышление</b>                                                |  |
| 2.3.1. Целостное мышление                                                     |  |
| 2.3.2. Возникновение системы и взаимодействия в системе                       |  |
| 2.3.3. Расстановка приоритетов и фокусировка                                  |  |
| 2.3.4. Компромиссы, оценки и балансы в решении вопросов                       |  |
| <b>2.4. Позиция, мышление и познание</b>                                      |  |
| 2.4.1. Инициатива и готовность к принятию решения в условиях неопределенности |  |
| 2.4.2. Настойчивость в достижении цели, изобретательность и гибкость          |  |
| 2.4.3. Творческое мышление                                                    |  |
| 2.4.4. Критическое мышление                                                   |  |
| 2.4.5. Самосознание, самопознание и интеграция знания                         |  |
| 2.4.6. Обучение и образование в течение всей жизни                            |  |
| 2.4.7. Управление временем и ресурсами                                        |  |
| <b>2.5. Этика, справедливость и другие виды ответственности</b>               |  |
| 2.5.1. Этика, честность и социальная ответственность                          |  |
| 2.5.2. Профессиональное поведение                                             |  |
| 2.5.3. Предвидение и смысл жизни                                              |  |
| 2.5.4. Современные отношения в мире техники и технологии                      |  |
| 2.5.5. Беспристрастность и разнообразие                                       |  |
| 2.5.6. Доверие и лояльность                                                   |  |
| <b>3. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ: РАБОТА В КОМАНДЕ И КОММУНИКАЦИИ</b>          |  |
| <b>3.1. Работа в команде</b>                                                  |  |
| 3.1.1. Формирование эффективной команды                                       |  |
| 3.1.2. Управление командой                                                    |  |
| 3.1.3. Командный рост и развитие                                              |  |
| 3.1.4. Лидерство в команде                                                    |  |
| 3.1.5. Технические и междисциплинарные команды                                |  |
| <b>3.2. Коммуникации</b>                                                      |  |
| 3.2.1. Коммуникационная стратегия                                             |  |

Продолжение таблицы 1

|             |                                                                                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.2.2.      | Коммуникационная структура                                                                                                             |
| 3.2.3.      | Письменная коммуникация                                                                                                                |
| 3.2.4.      | Электронные/мультимедиа-коммуникации                                                                                                   |
| 3.2.5.      | Графические коммуникации                                                                                                               |
| 3.2.6.      | Устная презентация                                                                                                                     |
| 3.2.7.      | Опрос, слушание, ведение диалога                                                                                                       |
| 3.2.8.      | Ведение переговоров, достижение компромисса, разрешение конфликта                                                                      |
| 3.2.9.      | Отстаивание позиции                                                                                                                    |
| 3.2.10.     | Установление различных связей и сетевого взаимодействия                                                                                |
| <b>3.3.</b> | <b>Коммуникации на родном и иностранном языках</b>                                                                                     |
| 3.3.1.      | Коммуникация на родном языке                                                                                                           |
| 3.3.2.      | Коммуникация на языках регионов профессиональной деятельности                                                                          |
| 3.3.3.      | Коммуникация на других иностранных языках                                                                                              |
| <b>4.</b>   | <b>ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКЦИИ (СИСТЕМ) В КОНТЕКСТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБЩЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>Социальный и экологический контекст</b>                                                                                             |
| 4.1.1.      | Роль и ответственность инженера                                                                                                        |
| 4.1.2.      | Влияние инженерной деятельности на общество и окружающую среду                                                                         |
| 4.1.3.      | Общественное регулирование инженерной деятельности                                                                                     |
| 4.1.4.      | Исторический и культурный контекст                                                                                                     |
| 4.1.5.      | Современные проблемы и ценности                                                                                                        |
| 4.1.6.      | Развитие глобальных перспектив                                                                                                         |
| 4.1.7.      | Необходимость устойчивого развития                                                                                                     |
| <b>4.2.</b> | <b>Предпринимательский и деловой контекст</b>                                                                                          |
| 4.2.1.      | Восприятие различной предпринимательской культуры                                                                                      |
| 4.2.2.      | Заинтересованные стороны предприятия, цели и стратегия                                                                                 |
| 4.2.3.      | Инженерное предпринимательство                                                                                                         |
| 4.2.4.      | Работа в организациях                                                                                                                  |
| 4.2.5.      | Работа в международных организациях                                                                                                    |
| 4.2.6.      | Новые технологии разработки и оценки                                                                                                   |
| 4.2.7.      | Экономика и финансы инженерного проекта                                                                                                |
| <b>4.3.</b> | <b>Планирование, системный инжиниринг и менеджмент</b>                                                                                 |
| 4.3.1.      | Изучение потребностей и постановка целей                                                                                               |
| 4.3.2.      | Определение функции, концепции и структуры                                                                                             |
| 4.3.3.      | Системный инжиниринг, моделирование и интерфейс                                                                                        |
| 4.3.4.      | Проектный менеджмент разработки                                                                                                        |
| <b>4.4.</b> | <b>Проектирование</b>                                                                                                                  |
| 4.4.1.      | Процесс проектирования продукции (системы)                                                                                             |
| 4.4.2.      | Стадии и методы проектирования                                                                                                         |
| 4.4.3.      | Применение знаний при проектировании                                                                                                   |
| 4.4.4.      | Дисциплинарный проект                                                                                                                  |
| 4.4.5.      | Междисциплинарный проект                                                                                                               |
| 4.4.6.      | Обеспечение устойчивости, безопасности, эстетичности и управляемости продукции (системы)                                               |
| <b>4.5.</b> | <b>Производство</b>                                                                                                                    |
| 4.5.1.      | Проектирование устойчивого производственного процесса                                                                                  |
| 4.5.2.      | Процесс производства технической продукции                                                                                             |
| 4.5.3.      | Процесс производства программной продукции                                                                                             |
| 4.5.4.      | Системная интеграция технической и программной продукции                                                                               |

Окончание таблицы 1

|                                                                                       |                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.5.5.                                                                                | Испытание, проверка, аттестация и сертификация продукции                                                                            |
| 4.5.6.                                                                                | Производственный менеджмент                                                                                                         |
| <b>4.6.</b>                                                                           | <b>Применение</b>                                                                                                                   |
| 4.6.1.                                                                                | Проектирование и оптимизация устойчивого и безопасного применения продукции                                                         |
| 4.6.2.                                                                                | Обучение применению                                                                                                                 |
| 4.6.3.                                                                                | Поддержка жизненного цикла продукции (системы)                                                                                      |
| 4.6.4.                                                                                | Системные улучшения и эволюция продукции                                                                                            |
| 4.6.5.                                                                                | Завершение жизненного цикла и утилизация продукции                                                                                  |
| 4.6.5.                                                                                | Управление применением продукции                                                                                                    |
| <b>4.7.</b>                                                                           | <b>Лидерство в инженерном предприятии</b>                                                                                           |
| Инженерное лидерство строится на факторах, которые отмечены выше:                     |                                                                                                                                     |
| - позиция лидерства – главное качество и ценность характера (2.4, 2.5),               |                                                                                                                                     |
| - отношения с людьми (3.1–3.3),                                                       |                                                                                                                                     |
| - ощущение контекста (2.3, 4.1–4.3).                                                  |                                                                                                                                     |
| Дополнения, формирующие целеустремленность:                                           |                                                                                                                                     |
| 4.7.1.                                                                                | Выявление парадоксальных проблем (развитие 4.3.1)                                                                                   |
| 4.7.2.                                                                                | Творческое мышление и коммуникационные способности (развитие 2.4.3)                                                                 |
| 4.7.3.                                                                                | Видение решения (развитие 4.3.1)                                                                                                    |
| 4.7.4.                                                                                | Создание концепции нового решения (развитие 4.3.2 и 4.3.3)                                                                          |
| Дополнения, формирующие предвидение:                                                  |                                                                                                                                     |
| 4.7.5.                                                                                | Лидерство в организации и за ее пределами (развитие 4.2.4 и 4.2.5)                                                                  |
| 4.7.6.                                                                                | Планирование и управление проектом (развитие 4.3.4)                                                                                 |
| 4.7.7.                                                                                | Контроль проекта/защита решения и его критическое обоснование (развитие 2.3.4. и 2.4.4)                                             |
| 4.7.8.                                                                                | Инновации – разработка концепций, проектов и внедрение новых товаров или услуг, представляющих особую ценность (развитие 4.3 и 4.4) |
| 4.7.9.                                                                                | Изобретательство – разработка новых приборов, материалов или процессов для производства новых товаров и услуг (развитие 4.2.6)      |
| 4.7.10.                                                                               | Производство и применение – создание и применение новых товаров и услуг, представляющих особую ценность (развитие 4.5 и 4.6)        |
| <b>4.8.</b>                                                                           | <b>Инженерное предпринимательство - все аспекты:</b>                                                                                |
| - социального, экологического, предпринимательского и делового контекста (4.1 и 4.2), |                                                                                                                                     |
| - планирования, проектирования, производства и применения (4.3–4.6),                  |                                                                                                                                     |
| - инженерного лидерства (4.7).                                                        |                                                                                                                                     |
| Дополнения, связанные с особыми умениями в области предпринимательства:               |                                                                                                                                     |
| 4.8.1.                                                                                | Создание предприятия, организация и управление его работой                                                                          |
| 4.8.2.                                                                                | Бизнес-планирование разработок                                                                                                      |
| 4.8.3.                                                                                | Капитализация компании и финансы                                                                                                    |
| 4.8.4.                                                                                | Маркетинг инновационной продукции                                                                                                   |
| 4.8.5.                                                                                | Планирование производства продукции и услуг с использованием новых технологий                                                       |
| 4.8.6.                                                                                | Инновационные системы, сети, инфраструктура и сервис                                                                                |
| 4.8.7.                                                                                | Формирование команды и стимулирование инженерных процессов                                                                          |
| 4.8.8.                                                                                | Управление интеллектуальной собственностью                                                                                          |

бакалавриата. Этого требуют соответствующие ФГОС ВО и критерии профессионально-общественной аккредитации программ. Так, критерии АИОР, согласованные с международными стандартами, требуют, чтобы на уровне базового инженерного образования для изучения математики и естественных наук предусматривалось не менее четверти научно-образовательных ресурсов (60 из 240 кредитов *ECTS* 4-летних программ бакалавриата) [3].

На уровне магистратуры может осуществляться углубленная естественнонаучная и математическая подготовка, необходимая для инновационной инженерной деятельности по соответствующему направлению (критерии АИОР рекомендуют до 15 из 120 кредитов *ECTS* 2-летних магистерских программ). Освоение в магистратуре прогрессивных методов и инструментов инженерной деятельности, связанных с профилем подготовки, также возможно, однако в магистерских программах для этого требуется гораздо меньший ресурс, чем в программах бакалавриата.

Задачей подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре является формирование у выпускников компетенции генерировать новые научные знания, уровень которых значительно превосходит уровень базовых знаний. Поэтому в программах аспирантуры научно-образовательный ресурс на усвоение готовых знаний должен быть невелик и ограничен областью научной специализации.

Таким образом, для проектирования образовательных программ магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям разделы 1.1 и 1.2 *CDIO Syllabus v2* необходимо адаптировать к требованиям подготовки выпускников к инновационной и исследовательской инженерной деятельности. Формулировки раздела 1.3 целесообразно конкретизировать для различных образовательных уровней с учетом планируемых результатов освоения соответствующих программ.

## Раздел 2 CDIO Syllabus v2

*Аналитическое обоснование и решение проблем* (раздел 2.1), особенно в части их постановки и формулирования, анализа и оценки проблем в условиях неопределенностей, а также в части выработки рекомендаций по их решению, в большей мере относятся к компетенции выпускников магистратуры и аспирантуры. Эти компетенции особо важны для инновационной и исследовательской инженерной деятельности. Выпускники бакалавриата гораздо реже имеют дело с аналитической работой. Однако в процессе комплексной инженерной деятельности они могут применять модели технических объектов, процессов и систем, разработанные выпускниками магистратуры и аспирантуры. При проектировании соответствующих образовательных программ это необходимо учитывать.

*Экспериментирование, исследования и приобретение новых знаний* (раздел 2.2) более характерны для инновационной и исследовательской инженерной деятельности, которой занимаются выпускники магистратуры и аспирантуры. Особенно это касается формулирования, проверки и защиты гипотез. В меньшей степени это относится к информационному поиску с использованием печатных и электронных изданий, которым выпускники бакалавриата также могут заниматься в процессе комплексной инженерной деятельности.

От выпускников магистратуры и аспирантуры в большей мере, чем от выпускников бакалавриата, требуется *системное мышление* (раздел 2.3), необходимое для оценки и сбалансированного решения различных вопросов при определении приоритетов и достижении компромиссов в процессе инновационной и исследовательской инженерной деятельности. От выпускников бакалавриата также требуется системное мышление для понимания условий возникновения систем и умения организовать системное взаимодействие в процессе комплексной инженерной деятельности. Однако в образовательных программах подго-

товки магистров и аспирантов формированию системного мышления выпускников должно уделяться большее внимание, чем в программах подготовки бакалавров.

Экспертные оценки показывают, что от выпускников бакалавриата, магистратуры и аспирантуры практически в одинаковой степени требуется готовность к инициативной работе, принятию решений, проявлению настойчивости в достижении цели, творческому и критическому мышлению, управлению временем и ресурсами. Специалисты всех категорий, каждый на своем уровне инженерной деятельности, должны осознавать важность самообучения и образования в течение всей жизни, интеграции знаний и формирования собственной *позиции, мышления и познания* (раздел 2.4).

Выпускники бакалавриата, магистратуры и аспирантуры должны демонстрировать честность, социальную ответственность и приверженность профессиональной этике. От них требуется доверительно, лояльно и беспристрастно воспринимать различия в современных отношениях в мире техники и технологий, иметь свое видение смысла жизни и профессионального поведения. Все это определяет *этику, справедливость и ответственность* (раздел 2.5) каждого специалиста на своем рабочем месте.

Таким образом, по экспертным оценкам, разделы 2.1, 2.2 и 2.3 *CDIO Syllabus v2* более актуальны для проектирования образовательных программ магистратуры и аспирантуры, чем программ бакалавриата. Это необходимо учитывать при распределении научно-образовательных ресурсов соответствующих программ. Формулировки разделов 2.1, 2.2 и 2.3 *CDIO Syllabus v2* следует конкретизировать для различных образовательных уровней. Степень актуальности требований к подготовке бакалавров, магистров и кадров высшей квалификации к комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности в части разделов 2.4 и 2.5 *CDIO Syllabus*

*v2*, по мнению экспертов, практически одинакова. Их надо учитывать при проектировании образовательных программ всех уровней.

### Раздел 3 CDIO Syllabus v2

Готовность к *работе в команде* (раздел 3.1) и *коммуникациям* (раздел 3.2), в том числе на *иностранном языке* (раздел 3.3), важна при любом виде инженерной деятельности. Согласно экспертным оценкам, выпускники бакалавриата, магистратуры и аспирантуры должны практически в одинаковой степени уметь формировать коммуникационную стратегию, владеть правилами письменной и устной речи, уметь вести диалог, использовать графические и электронные средства коммуникации, устанавливать связи и выстраивать сетевое взаимодействие. Рекомендуемый критериями АИОР объем гуманитарной и социально-экономической подготовки бакалавров составляет 20–30 кредитов в рамках 240 кредитов *ECTS* 4-летних образовательных программ [3]. Однако такие способности, как отстаивание позиции, ведение переговоров, достижение компромисса, разрешение конфликтов, формирование эффективной команды, лидерство, управление командой и ее развитие, в большей степени потребуются выпускникам магистратуры и аспирантуры.

Особая актуальность раздела 3.1 и ряда позиций раздела 3.2 *CDIO Syllabus v2* должна найти отражение в структуре научно-образовательных ресурсов программ подготовки магистров и кадров высшей квалификации к инновационной и исследовательской инженерной деятельности.

### Раздел 4 CDIO Syllabus v2

От специалистов всех категорий, работающих в области техники и технологий, требуется понимание *социального и экологического контекста* (раздел 4.1) инженерной деятельности. Важно осознание современных проблем и ценностей человеческой цивилизации, исторической роли и от-

ветственности инженера, культурных аспектов инженерной деятельности, влияния результатов его труда на общество и окружающую среду, необходимости обеспечения устойчивого развития и глобальных перспектив.

В части *предпринимательского и делового контекста* (раздел 4.2) инженерной деятельности для выпускников образовательных программ всех уровней необходимы навыки работы в организациях, опыт инженерного предпринимательства, способность использовать новые технологии разработки и оценки результатов профессиональной деятельности. Опыт работы в международных организациях, занимающихся инновационной и исследовательской инженерной деятельностью, умение оценить заинтересованность различных сторон в ее результатах, определить цели и стратегию деятельности с учетом экономических и финансовых аспектов инженерного проектирования особо необходимы выпускникам магистратуры и аспирантуры. На это следует обратить внимание при формировании научно-образовательных ресурсов соответствующих программ.

Для выпускников магистратуры и аспирантуры в большей степени, чем для выпускников бакалавриата, важен опыт *планирования, системного инжиниринга и менеджмента* (раздел 4.3), а также *проектирования* (раздел 4.4) технических объектов, процессов и систем. В части *производства* (раздел 4.5) способности к проектированию устойчивых производственных процессов, к системной интеграции технической и программной продукции, а также к производственному менеджменту наиболее важны для выпускников магистратуры. Согласно экспертным оценкам выпускникам бакалавриата необходимы навыки производства, испытания, проверки, аттестации и сертификации готовой продукции. Для выпускников аспирантуры, готовящихся к исследовательской инженерной деятельности, навыки производства продукции не являются особо актуальными.

Разницу в акцентах подготовки к производству продуктов инженерной деятельности необходимо отразить в распределении научно-образовательных ресурсов программ различного уровня.

Как показывают экспертные оценки, навыки и опыт *применения* технических объектов, процессов и систем (раздел 4.6) важны для выпускников бакалавриата и магистратуры. Причем для магистров наиболее востребованными являются навыки проектирования и оптимизации, устойчивого и безопасного применения продукции, опыт обучения применению технических объектов, их системного улучшения и эволюции. Для бакалавров, активно участвующих в комплексной инженерной деятельности, наиболее актуальны навыки управления процессами применения продукции, поддержки ее жизненного цикла, включая вывод из эксплуатации и утилизацию с прекращением воздействия на окружающую среду. Для выпускников аспирантуры подготовка к большинству этапов применения продукции не является актуальной, за исключением их возможного участия в процессах системного улучшения и эволюции технической продукции. Значительную разницу в степени востребованности составляющих компетенций бакалавров, магистров и кадров высшей квалификации в части навыков применения продуктов инженерной деятельности следует учесть при проектировании соответствующих образовательных программ.

Компетенции *лидерства в инженерном предприятии* (раздел 4.7) имеют существенное значение для специалистов, занимающихся инновационной и исследовательской деятельностью. Для выпускников аспирантуры наиболее важна способность выявления парадоксальных проблем, творческого мышления и видения решения, навыки лидерства в организации и за ее пределами. Для выпускников магистратуры также важна способность к творческому мышлению и видению решения. Однако еще в большей степени, чем для выпускников

аспирантуры, для них важна подготовка к инновациям в части разработки и защиты проектов, планирования и управления проектами, контроля над их выполнением до полного завершения. Все перечисленные составляющие компетенций лидерства в инженерном предприятии являются приоритетными для программ магистратуры и аспирантуры. По экспертным оценкам, они, вероятно, будут менее востребованы выпускниками бакалавриата в процессе комплексной инженерной деятельности. Это целесообразно учесть разработчикам образовательных программ.

Способность к *инженерному предпринимательству* (раздел 4.8), очевидно, в максимальной степени проявляется в инновационной инженерной деятельности. Поэтому в магистерских программах следует предусмотреть достаточные научно-образовательные ресурсы, направленные на формирование у выпускников предпринимательской культуры. Рекомендуемый критериями АИОР объем подготовки магистров к предпринимательской инновационной деятельности составляет не менее 30 кредитов в рамках 120 кредитов ECTS двухлетних образовательных программ [3].

Выпускники бакалавриата могут участвовать в предпринимательской деятельности при создании предприятий и организации маркетинга инновационной продукции. Выпускникам аспирантуры также могут потребоваться навыки предпринимательства при бизнес-планировании наукоемких разработок, проектировании производства продукции и услуг с использованием новых технологий, формировании инновационной системы и стимулировании инженерных процессов, создании инновационной инфраструктуры и в особенности – при управлении интеллектуальной собственностью.

Различная степень актуальности составляющих раздела 4 *CDIO Syllabus v2*, связанных с социальным, экологическим, предпринимательским и деловым контекстом комплексной, инновационной и иссле-

довательской инженерной деятельности, должна быть учтена при проектировании образовательных программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям путем соответствующего распределения научно-образовательных ресурсов. При разработке структуры и содержания, а также при определении технологий реализации образовательных программ различного уровня следует предусмотреть ресурсы, адекватные приоритетам формирования у выпускников тех или иных компетенций в области планирования, системного инжиниринга и менеджмента, а также проектирования, производства и применения технических объектов, процессов и систем.

### Заключение

Для использования подхода *CDIO* при проектировании уровней программ инженерного образования необходимо дифференцировать требования *CDIO Syllabus v2* с учетом особенностей комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности. На основе *CDIO Syllabus*, адаптированного к подготовке специалистов в области техники и технологий к различным видам деятельности, можно сформировать оптимальные структуру, содержание и технологии реализации и оценки качества уровней программ инженерного образования. При этом научно-образовательные ресурсы программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры будут также оптимально распределены для эффективного достижения планируемых результатов обучения. Целесообразно актуализировать также *CDIO Standards*, определяющие требования к образовательным программам различного уровня в контексте инженерной деятельности соответствующего вида, в том числе требования к учебным планам, образовательной среде, технологиям обучения, квалификации преподавателей и методам оценки программ и результатов их освоения.

Литература

1. Rethinking Engineering Education, the CDIO Approach, Second Edition / E. Crawley, J. Malmqvist, S. Ostlund, D. Brodeur, K. Edström. Springer, 2014. 311 p.
2. IEA Graduate Attributes and Professional Competencies [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ieagrements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf> (дата обращения: 05.02.2016).
3. Критерии и процедура профессионально-общественной аккредитации образовательных программ по техническим направлениям и специальностям. Аккредитационный центр АИОР [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ac-raee.ru> (дата обращения: 05.02.2016).
4. EUR-ACE Framework Standards and Guidelines. European Network for Accreditation of Engineering Education [Электронный ресурс]. URL: <http://www.enaee.eu/eur-ace-system/eur-ace-framework-standards> (дата обращения: 05.02.2016).
5. Byrne J., Jorgensen T., Loukkola T. Quality Assurance in Doctoral Education – results of the ARDE project. EUA Publications, 2013. 58 p.
6. Чучалин, А.И. Модернизация бакалавриата в области техники и технологий с учетом международных стандартов инженерного образования // Высшее образование в России. 2011. № 10. С. 20–29.
7. Crawley E., Edstrom K., Stanko T. Educating Engineers for Research-based Innovation-creating the Learning Outcomes Framework. Proc. 9<sup>th</sup> Int. CDIO Conf. Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, 2013, June 9–13.
8. Crawley E.F., Lucas W.A., Malmqvist J., Brodeur D.R. “The CDIO Syllabus v2.0: An update statement of goals for engineering education.” Proc. 7<sup>th</sup> Int. CDIO Conf. Technical University of Denmark, Copenhagen, 2011, June 20–23.
9. Чучалин А.И., Мягков М.Г., Таюрская М.С. Повышение квалификации преподавателей в области применения международных стандартов CDIO // Высшее образование в России, 2014. № 6. С. 58–67.

Статья поступила в редакцию 08.02.16.

APPLICATION OF THE CDIO APPROACH TO THREE LEVEL ENGINEERING PROGRAMS DESIGN

**CHUCHALIN Alexander I.** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Head of the Department of Engineering Pedagogy, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. E-mail: [chai@tpu.ru](mailto:chai@tpu.ru)

**Abstract.** Some results of an analysis and evaluation of the CDIO Syllabus topicality for the level engineering programs (BEng, MSc and PhD) design are presented. The analysis is based on a comparison of the CDIO Syllabus v2 intended learning outcomes with the requirements to preparation of the various engineering program graduates to complex, innovative and research activities. The requirements are defined taking into consideration the Russian Federal State Educational Standards and the Association for Engineering Education of Russia criteria, harmonized with the international standards. The results of an examination of the CDIO Syllabus v2 made by trainees of the Russian CDIO Academy are used.

**Keywords:** level engineering education, CDIO Syllabus, learning outcomes, educational programs design

**Cite as:** Chuchalin, A.I. [Application of the CDIO Approach to Three Level Engineering Programs Design]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 4 (200), pp. 17–32. (In Russ., abstract in Eng.)

References

1. *Rethinking Engineering Education, the CDIO Approach, Second Edition* / E. Crawley, J. Malmqvist, S. Ostlund, D. Brodeur, K. Edström. Springer, 2014. 311 p.

2. IEA Graduate Attributes and Professional Competencies. Available at: <http://www.ieagreements.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies.pdf> (accessed: 05.02.2016).
3. Criteria and Procedures of Professional Accreditation of Engineering Programs. The AEER Accreditation Center. Available at: <http://www.ac-raee.ru> (accessed 05.02.2016). (In Russ.).
4. EUR-ACE Framework Standards and Guidelines. European Network for Accreditation of Engineering Education. Available at: <http://www.enaee.eu/eur-ace-system/eur-ace-framework-standards> (accessed 05.02.2016).
5. Byrne, J., Jorgensen, T., Loukkola, T. Quality Assurance in Doctoral Education – Results of the ARDE Project. EUA Publications, 2013. 58 p.
6. Chuchalin, A. (2011) [Modernization of Engineering Bachelor Programs Taking into Account International Engineering Education Standards]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 10, pp. 20–29. (In Russ., abstract in Eng.).
7. Crawley, E., Edstrom, K., Stanko, T. Educating Engineers for Research-based Innovation-creating the Learning Outcomes Framework. *Proc. 9<sup>th</sup> Intern. CDIO Conf.* Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, 2013, June 9–13.
8. Crawley, E.F., Lucas, W.A., Malmqvist, J., & Brodeur, D.R. “The CDIO Syllabus v2.0: An Update Statement of Goals for Engineering Education.” *Proc. 7<sup>th</sup> Int. CDIO Conf.* Technical University of Denmark, Copenhagen, 2011. June 20–23.
9. Chuchalin, A., Myagkov, M., Tayurskaya, M. (2014) [Continuing Professional Development of Instructors in the Application of International CDIO Standards]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 6, pp. 58–67. (In Russ., abstract in Eng.).

*The paper was submitted 08.02.16.*



**Science Index РИНЦ – 2014**  
(в скобках – номер в общем списке РИНЦ)

|                                                                        |               |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Вопросы философии                                                      | 15,563 (№ 1)  |
| Социологические исследования                                           | 3,925 (№ 16)  |
| Педагогика                                                             | 3,331 (№ 24)  |
| Вопросы образования                                                    | 2,945 (№ 35)  |
| Философские науки                                                      | 2,306 (№ 50)  |
| Высшее образование в России                                            | 2,153 (№ 59)  |
| Психологическая наука и образование                                    | 2,014 (№ 70)  |
| Университетское управление: практика и анализ                          | 1,000 (№ 223) |
| Высшее образование сегодня                                             | 0,967 (№ 234) |
| Alma Mater                                                             | 0,865 (№ 271) |
| Эпистемология и философия науки                                        | 0,579 (№ 458) |
| Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика | 0,508 (№ 535) |
| Человек                                                                | 0,490 (№ 559) |
| Инженерное образование                                                 | 0,442 (№ 632) |
| Образование и наука                                                    | 0,429 (№ 649) |