

АДАПТАЦИЯ ПОДХОДА CDIO К МАГИСТРАТУРЕ И АСПИРАНТУРЕ

ЧУЧАЛИН Александр Иванович – д-р тех. наук, проф., зав. кафедрой инженерной педагогики. E-mail: chai@tpu.ru

ДАНЕЙКИНА Наталья Викторовна – аспирант, кафедра инженерной педагогики. E-mail: mischenko@tpu.ru

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия
Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

Аннотация. На основе анализа обобщенных требований национальных и международных стандартов к компетенциям выпускников магистратуры (MSc-программ) и аспирантуры (PhD-программ) в области инженерного дела, технологий и технических наук, с учетом экспертной оценки особенностей и приоритетов инновационной и исследовательской инженерной деятельности разработаны двухуровневые перечни планируемых результатов обучения в магистратуре (FCDI Syllabus v1) и аспирантуре (FFCD Syllabus v1) по аналогии с CDIO Syllabus v2 для выпускников программ базового инженерного образования. С ориентацией на FCDI Syllabus v1 и FFCD Syllabus v1 разработаны стандарты образовательных программ магистратуры (FCDI Standards) и аспирантуры (FFCD Standards) по аналогии с CDIO Standards для программ базового инженерного образования. Разработанные перечни планируемых компетенций выпускников и стандарты образовательных программ магистратуры и аспирантуры могут стать предметом дальнейшего развития и детализации в вузах.

Ключевые слова: подход CDIO, уровневое инженерное образование, магистратура и аспирантура по техническим направлениям

Для цитирования: Чучалин А.И., Данейкина Н.В. Адаптация подхода CDIO к магистратуре и аспирантуре // Высшее образование в России. 2017. № 4 (211). С. 17–25.

Введение

Подход CDIO (*Conceive, Design, Implement, Operate*) [1] к разработке и реализации программ базового инженерного образования (бакалавриат и специалитет по техническим направлениям и специальностям) в контексте комплексной инженерной деятельности на всех этапах жизненного цикла продукции (планирование, проектирование, производство, применение – 4П) приобретает все большую популярность в российских вузах. С 2011 г. в международный клуб *International CDIO Initiative* официально вступили около двух десятков российских университетов¹. Университеты активно используют *CDIO Syllabus* и *CDIO*

Standards в качестве моделей при планировании результатов обучения (компетенций выпускников) и проектировании образовательных программ, обеспечивающих их достижение. Среди российских вузов, применяющих подход CDIO для модернизации и повышения качества инженерного образования, большинство составляют национальные исследовательские и федеральные университеты, в том числе участники проекта «5–100», цель которого – «повышение конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров»².

¹ Международная инициатива CDIO. URL: <http://www.cdio.org>

² Проект повышения конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров. URL: <http://5top100.ru/>

Для ведущих российских университетов, претендующих на высокие позиции в международных рейтингах, приоритетным является развитие научных исследований и инновационной деятельности, а также совершенствование образовательных программ магистратуры и подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре, в том числе по техническим направлениям. Университеты нуждаются в концептуальной и методологической основе для модернизации и повышения качества программ магистратуры и аспирантуры до уровня, соответствующего лучшим международным стандартам. Такой основой мог бы стать подход *CDIO*. Однако он разработан для базового инженерного образования и подготовки выпускников к комплексной инженерной деятельности [2] и не вполне пригоден для магистратуры и аспирантуры, целью которых является подготовка выпускников соответственно к инновационной и исследовательской инженерной деятельности [3; 4]. Возникает задача адаптации подхода *CDIO* к магистратуре и аспирантуре в области инженерного дела, технологий и технических наук, а точнее – разработки концептуальных и методологических моделей, аналогичных *CDIO Syllabus* и *CDIO Standards*, но направленных на совершенствование подготовки выпускников к инновационной и исследовательской инженерной деятельности [5–16]. Эту задачу и пытаются решить авторы статьи, предлагая структуру и содержание таких моделей для планирования результатов обучения (компетенций выпускников), проектирования, реализации и оценки качества образовательных программ магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям. В разработке моделей в качестве экспертов приняли активное участие слушатели сетевой программы повышения квалификации руководителей и преподавателей вузов «Применение концепции *CDIO* в инженерном образовании», реализуемой в рамках со-

вместного проекта Томского политехнического университета (ТПУ) и Сколковского института науки и технологий (Сколтеха) «*CDIO Академия*», аспиранты Сколтеха при «пилотировании» курса «Педагогика высшей школы» (преподаватель – проф. А.И. Чучалин), а также ведущие ученые и преподаватели ТПУ – слушатели программы повышения квалификации «Мировые тенденции и зарубежный опыт проектирования, реализации и оценки качества *MSc* и *PhD* программ» под руководством проф. А. Пэтила (А. Patil) (Университет Дикина, Австралия).

Особенности магистратуры (*MSc*-программ) и аспирантуры (*PhD*-программ)

В отличие от программ бакалавриата по техническим направлениям, имеющих целью подготовку выпускников в комплексной инженерной деятельности, программы магистратуры (*MSc*-программы в зарубежных университетах) ориентируют выпускников в основном на инновационную инженерную деятельность для удовлетворения потребностей общества в продуктах, обладающих исключительно нужными и важными свойствами. Программы подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре (*PhD*-программы в зарубежных университетах) направлены, главным образом, на подготовку выпускников к исследовательской деятельности в области технических наук с целью создания научных основ для разработки инновационной продукции, отвечающей современным и перспективным потребностям общества.

Анализ обобщенных требований к профессиональным компетенциям магистров и выпускников аспирантуры по техническим направлениям, изложенных в национальных и зарубежных стандартах, показал, что в рамках подхода *CDIO* большая часть ключевых компетенций магистров связана с проектированием технических объектов, процессов и систем (*Design*), меньшая часть результатов обучения ори-

ентирована на их производство и применение (*Implement & Operate*), а некоторая доля компетенций может быть отнесена к исследованиям и планированию создания инженерной продукции (*Conceive*). Что касается выпускников аспирантуры, то в рамках подхода *CDIO* большинство ключевых компетенций связаны с исследовательской деятельностью и планированием создания новой техники и технологий (*Conceive*), часть результатов обучения ориентирована на проектную деятельность (*Design*) и лишь малая доля компетенций соответствует комплексной инженерной деятельности на этапах производства и применения продукции (*Implement & Operate*) [3; 4]. В то же время многие важные требования к компетенциям выпускников магистратуры и аспирантуры, связанные, например, с прогнозированием потребностей общества в инновационной продукции, инновационным и исследовательским менеджментом, генерированием новых знаний, технологическим форсайтом, навыками педагогической деятельности и др., вообще не отражены в *CDIO Syllabus*.

Модель *FCDI (Forecast, Conceive, Design, Implement)* для магистратуры

При формировании перечня планируемых результатов обучения в магистратуре вместо аббревиатуры *CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate)* предлагается использовать аббревиатуру *FCDI (Forecast, Conceive, Design, Implement)*. Отсутствие *Operate* в новой аббревиатуре указывает на то, что для магистров такой вид инженерной деятельности, как *применение* (эксплуатация и обслуживание) технических объектов, процессов и систем, не является приоритетным. Наличие же *Forecast* подчеркивает важность *прогнозирования* потенциальных потребностей общества в новой технике и технологиях в процессе инновационной инженерной деятельности. Таким образом, при разработке образовательных программ магистратуры модель

«4П» будет означать «прогнозирование, планирование, проектирование, производство».

В *таблице 1* приведён двухуровневый перечень планируемых результатов обучения (*FCDI Syllabus v1*) для магистратуры в области инженерного дела, технологий и технических наук. В перечень введён раздел 5 (подготовка магистров к педагогической деятельности), что соответствует требованиям ФГОС ВО.

Модель *FFCD (Foresight, Forecast, Conceive, Design)* для аспирантуры

При формировании перечня планируемых результатов обучения в аспирантуре целесообразно использовать аббревиатуру *FFCD (Foresight, Forecast, Conceive, Design)*. Отсутствие *Implement* в данной аббревиатуре указывает на то, что для выпускников аспирантуры участие в *производстве* технических объектов, процессов и систем не является приоритетным. Наличие же *Foresight* подчеркивает важность стратегического *предвидения* для прогнозирования потенциальных потребностей общества и создания научных основ для планирования и проектирования новой техники и технологий в процессе исследовательской инженерной деятельности. Таким образом, при разработке образовательных программ аспирантуры модель «4П» будет означать «предвидение, прогнозирование, планирование, проектирование». В *таблице 2* приведён двухуровневый перечень планируемых результатов обучения (*FFCD Syllabus v1*) для аспирантуры в области инженерного дела, технологий и технических наук. В перечень также введён раздел 5 (подготовка аспирантов к педагогической деятельности в высшей школе), что соответствует требованиям ФГОС ВО.

На основе *FCDI Syllabus v1* и *FFCD Syllabus v1* можно сформировать детальные перечни планируемых результатов обучения и спроектировать оптимальную струк-

Таблица 1

Магистратура – FCDI Syllabus v1	
1.	МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ
1.1.	Углубленные знания математики и естественных наук
1.2.	Углубленные знания инженерного дела и методов инновационной деятельности
2.	ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ЛИЧНОСТНЫЕ КАЧЕСТВА
2.1.	Аналитическое обоснование и решение инновационных проблем
2.2.	Экспериментирование, исследования и приобретение глубоких знаний
2.3.	Системное инновационное мышление
2.4.	Позиция, критический анализ данных и творчество
2.5.	Этика, справедливость и другие виды ответственности
3.	УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ: РАБОТА В КОМАНДЕ И КОММУНИКАЦИИ
3.1.	Лидерство в команде
3.2.	Коммуникации
3.3.	Коммуникации на иностранных языках
4.	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ (СИСТЕМ) В КОНТЕКСТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБЩЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
4.1.	Социальный и экологический контекст
4.2.	Технико-экономический контекст
4.3.	Прогнозирование и инновационный менеджмент
4.4.	Планирование
4.5.	Проектирование
4.6.	Производство
4.7.	Лидерство в инновационном техническом предприятии
4.8.	Инновационное техническое предпринимательство
5.	ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
5.1.	Разработка и реализация образовательных ресурсов

Таблица 2

Аспирантура (PhD) – FFCD Syllabus v1	
1.	НОВЫЕ НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ
1.1.	Новые знания в области фундаментальных и прикладных наук
1.2.	Новые знания в области инженерного дела и методов научных исследований
2.	ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ЛИЧНОСТНЫЕ КАЧЕСТВА
2.1.	Аналитическое обоснование и решение научных проблем
2.2.	Экспериментирование, исследования и генерирование новых знаний
2.3.	Системное научное мышление
2.4.	Позиция, критический анализ научных данных и результатов собственных исследований
2.5.	Этика, справедливость и другие виды ответственности
3.	УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ: РАБОТА В КОМАНДЕ И КОММУНИКАЦИИ
3.1.	Лидерство в научной группе
3.2.	Коммуникации
3.3.	Коммуникации на иностранных языках
4.	ПРЕДВИДЕНИЕ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ (СИСТЕМ) В КОНТЕКСТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБЩЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
4.1.	Социальный и экологический контекст
4.2.	Научно-технический контекст
4.3.	Предвидение и менеджмент исследований
4.4.	Прогнозирование
4.5.	Проектирование
4.6.	Лидерство в научно-исследовательском предприятии
4.7.	Научно-исследовательское предпринимательство
5.	ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
5.1.	Разработка и реализация образовательных программ в высшей школе

туру, содержание и технологии реализации и оценки качества образовательных программ соответственно магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям.

Стандарты образовательных программ магистратуры и аспирантуры

Для достижения планируемых результатов обучения (компетенций выпускников) магистратуры и аспирантуры, представленных в *FCDI Syllabus v1* и *FFCD Syllabus v1*, необходимо разработать стандарты, определяющие требования к образовательным программам магистратуры (*FCDI Standards*) и аспирантуры (*FFCD Standards*) по аналогии с *CDIO Standards*.

В рамках *International CDIO Initiative* разработаны 12 *CDIO Standards*. В стандартах *CDIO* определены требования к программам базового инженерного образования, которые могут служить руковод-

ством для их проектирования, реализации и оценки качества, а также создавать условия для бенчмаркинга программ в международном контексте и выступать системным ориентиром для непрерывного улучшения программ [1]. В таблице 3 приведены разработанные авторами стандарты для программ магистратуры (*FCDI Standards*) и аспирантуры (*FFCD Standards*), совпадающие по структуре со стандартами для программ бакалавриата (*CDIO Standards*).

На основе *FCDI Standards* и *FFCD Standards* можно оценивать качество образовательных программ магистратуры и аспирантуры в области инженерного дела, технологий и технических наук, осуществлять модернизацию программ и проектировать новые программы, направленные на подготовку выпускников соответственно к инновационной и исследовательской инженерной деятельности.

Таблица 3

Стандарты для программ магистратуры и аспирантуры

Бакалавриат – <i>CDIO Standards</i>	Магистратура – <i>FCDI Standards</i>	Аспирантура – <i>FFCD Standards</i>
<i>Standard 1 CDIO – Контекст инженерного образования</i> Жизненный цикл создания и реализации продуктов, процессов и систем «Планирование – Проектирование – Производство – Применение» является контекстом базового инженерного образования (первого уровня).	<i>Standard 1 FCDI – Контекст инженерного образования</i> Жизненный цикл разработки и создания инновационных продуктов, процессов и систем «Прогнозирование – Планирование – Проектирование – Производство» является контекстом инженерного образования второго уровня (магистратура).	<i>Standard 1 FFCD – Контекст инженерного образования</i> Жизненный цикл создания научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем «Предвидение – Прогнозирование – Планирование – Проектирование» является контекстом инженерного образования третьего уровня (аспирантура).
<i>Standard 2 CDIO – Результаты обучения CDIO</i> Детализированы и согласованы с заинтересованными сторонами планируемые результаты обучения для развития личностных и межличностных компетенций, способностей создания и реализации продуктов, процессов и систем, а также для приобретения дисциплинарных знаний, соответствующих целям программы.	<i>Standard 2 FCDI – Результаты обучения FCDI</i> Детализированы и согласованы с заинтересованными сторонами планируемые результаты обучения для развития личностных и межличностных компетенций, способностей разработки и создания инновационных продуктов, процессов и систем, а также для приобретения междисциплинарных знаний и педагогических навыков, соответствующих целям программы.	<i>Standard 2 FFCD – Результаты обучения FFCD</i> Детализированы и согласованы с заинтересованными сторонами планируемые результаты обучения для развития личностных и межличностных компетенций, способностей создания научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем, а также для приобретения транс-дисциплинарных знаний и педагогических навыков, соответствующих целям программы.

Бакалавриат – <i>CDIO Standards</i>	Магистратура – <i>FCDI Standards</i>	Аспирантура – <i>FFCD Standards</i>
<i>Standard 3 CDIO – Интегрированный учебный план</i> Учебный план содержит взаимосвязанные дисциплины и предполагает интеграцию личностных и межличностных компетенций, а также способностей создания и применения продуктов объектов, процессов и систем.	<i>Standard 3 FCDI – Интегрированный учебный план</i> Учебный план содержит взаимосвязанные междисциплинарные курсы, предполагает инновационную и педагогическую деятельность и интеграцию личностных и межличностных компетенций, а также способностей разработки и создания инновационных продуктов, процессов и систем на основе прогнозирования потребностей заинтересованных сторон.	<i>Standard 3 FFCD – Интегрированный учебный план</i> Учебный план содержит взаимосвязанные транс-дисциплинарные курсы, предполагает исследовательскую и педагогическую деятельность и интеграцию личностных и межличностных компетенций, а также способностей создания научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем с применением методов технологического форсайта.
<i>Standard 4 CDIO – Введение в инженерную деятельность</i> В учебный план включен вводный курс, создающий основу для инженерной практики создания и реализации продуктов, процессов и систем, и формирования личностных и межличностных компетенций.	<i>Standard 4 FCDI – Введение в инновационную инженерную деятельность</i> В учебный план включен вводный практикум по разработке и созданию инновационных продуктов, процессов и систем на основе прогнозирования потребностей заинтересованных сторон.	<i>Standard 4 FFCD – Введение в исследовательскую инженерную деятельность</i> В учебный план включен вводный практикум по технологическому форсайту и созданию научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем.
<i>Standard 5 CDIO – Опыт проектно-внедренческой деятельности.</i> Учебный план включает два или более проекта, предусматривающих приобретение опыта проектно-внедренческой деятельности, один – на базовом уровне и один – на продвинутом уровне.	<i>Standard 5 FCDI – Опыт инновационной проектной деятельности.</i> Учебный план включает проекты, предусматривающие приобретение опыта инновационной инженерной деятельности, включая прогнозирование потребностей заинтересованных сторон, а также опыт педагогической деятельности.	<i>Standard 5 FFCD – Опыт исследовательской проектной деятельности.</i> Учебный план включает проекты, предусматривающие приобретение опыта исследовательской инженерной деятельности, включая технологический форсайт, а также опыт педагогической деятельности в области высшего образования.
<i>Standard 6 CDIO – Рабочее пространство для инженерной деятельности</i> Наличие рабочего пространства для инженерной деятельности и лабораторий, которые способствуют практическому освоению методов создания и реализации продуктов, процессов и систем, получению дисциплинарных знаний и изучению социальных аспектов.	<i>Standard 6 FCDI – Рабочее пространство для инновационной инженерной деятельности.</i> Наличие рабочего пространства и лабораторий для инновационной инженерной деятельности, разработки и создания новых продуктов, процессов и систем на основе прогнозирования потребностей заинтересованных сторон.	<i>Standard 6 FFCD – Рабочее пространство для исследовательской инженерной деятельности.</i> Наличие рабочего пространства и лабораторий для исследовательской инженерной деятельности, создания научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем с применением методов технологического форсайта.
<i>Standard 7 CDIO – Интегрированное обучение</i> Опыт интегрированного обучения способствует формированию дисциплинарных знаний, личностных и межличностных компетенций, способностей создания и реализации продуктов, процессов и систем.	<i>Standard 7 FCDI – Интегрированное обучение.</i> Опыт интегрированного обучения способствует формированию междисциплинарных знаний, личностных и межличностных компетенций, способностей разработки и создания инновационных продуктов, процессов и систем.	<i>Standard 7 FFCD – Интегрированное обучение.</i> Опыт интегрированного обучения способствует формированию трансдисциплинарных знаний, личностных и межличностных компетенций, способностей создания научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем.

Бакалавриат – <i>CDIO Standards</i>	Магистратура – <i>FCDI Standards</i>	Аспирантура – <i>FFCD Standards</i>
<i>Standard 8 CDIO – Активные методы обучения</i> Преподавание и обучение на основе активных и практико-ориентированных методов.	<i>Standard 8 FCDI – Активные методы обучения</i> Преподавание и обучение на основе активных и инновационных методов.	<i>Standard 8 FFCD – Активные методы обучения</i> Преподавание и обучение на основе активных и исследовательских методов.
<i>Standard 9 CDIO – Совершенствование CDIO-компетенций преподавателей</i> Наличие мероприятий, позволяющих повысить компетентность преподавателей в области личностных и межличностных компетенций, а также навыков создания и реализации продуктов, процессов и систем.	<i>Standard 9 FCDI – Совершенствование FCDI-компетенций преподавателей</i> Наличие мероприятий, позволяющих повысить компетентность преподавателей в области разработки и создания инновационных продуктов, процессов и систем на основе прогнозирования потребностей заинтересованных сторон.	<i>Standard 9 FFCD – Совершенствование FFCD-компетенций преподавателей</i> Наличие мероприятий, позволяющих повысить компетентность преподавателей в области создания научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем с применением методов технологического форсайта.
<i>Standard 10 CDIO – Совершенствование педагогических компетенций преподавателей</i> Наличие мероприятий, позволяющих повысить педагогические компетенции преподавателей по использованию активных и практико-ориентированных методов обучения и оценке результатов при интегрированном обучении.	<i>Standard 10 FCDI – Совершенствование педагогических компетенций преподавателей</i> Наличие мероприятий, позволяющих повысить педагогические компетенции преподавателей по использованию активных и инновационных методов обучения и оценке результатов при интегрированном обучении.	<i>Standard 10 FFCDI – Совершенствование педагогических компетенций преподавателей</i> Наличие мероприятий, позволяющих повысить педагогические компетенции преподавателей по использованию активных и исследовательских методов обучения и оценке результатов при интегрированном обучении.
<i>Standard 11 CDIO – Оценка результатов обучения</i> Оценка личностных и межличностных компетенций, способностей создания и реализации продуктов, процессов и систем, а также дисциплинарных знаний студентов.	<i>Standard 11 FCDI – Оценка результатов обучения</i> Оценка личностных и межличностных компетенций, способностей разработки и создания инновационных продуктов, процессов и систем на основе прогнозирования потребностей заинтересованных сторон, а также междисциплинарных знаний магистрантов.	<i>Standard 11 FFCD – Оценка результатов обучения.</i> Оценка личностных и межличностных компетенций, способностей создания научных основ для разработки и проектирования инновационных продуктов, процессов и систем с применением методов технологического форсайта, а также трансдисциплинарных знаний аспирантов.
<i>Standard 12 CDIO – Оценка программы</i> Наличие системы оценки соответствия программы требованиям и рекомендациям <i>CDIO Standards</i>, обеспечения обратной связи преподавателей со студентами и другими заинтересованными сторонами в целях непрерывного совершенствования программы.	<i>Standard 12 FCDI – Оценка программы</i> Наличие системы оценки соответствия программы требованиям и рекомендациям <i>FCDI Standards</i>, обеспечения обратной связи преподавателей с магистрантами и другими заинтересованными сторонами в целях непрерывного совершенствования программы.	<i>Standard 12 FFCD – Оценка программы.</i> Наличие системы оценки соответствия программы требованиям и рекомендациям <i>FFCD Standards</i>, обеспечения обратной связи преподавателей с аспирантами и другими заинтересованными сторонами в целях непрерывного совершенствования программы.

Заключение

В результате анализа обобщенных требований национальных и международных стандартов к компетенциям выпускников магистратуры (*MSc*-программ) и аспирантуры (*PhD*-программ), а также экспертной

оценки особенностей и приоритетов инновационной и исследовательской инженерной деятельности разработаны двухуровневые перечни планируемых результатов обучения в магистратуре (*FCDI Syllabus v1*) и аспирантуре (*FFCD Syllabus v1*) по

аналогии с *CDIO Syllabus v2* для выпускников программ базового инженерного образования (бакалавриата и специалитета). На основе *FCDI Syllabus v1* и *FFCD Syllabus v1* разработаны стандарты образовательных программ магистратуры (*FCDI Standards*) и аспирантуры (*FFCD Standards*) по аналогии с *CDIO Standards* для программ базового инженерного образования. Разработанные перечни планируемых результатов обучения и стандарты образовательных программ магистратуры и аспирантуры могут и должны дополняться и развиваться в вузах. Авторы открыты для дискуссии и будут признательны за замечания и предложения всех заинтересованных сторон по совершенствованию моделей модернизации магистратуры и аспирантуры, аналогичных *CDIO*.

Литература / References

1. Rethinking Engineering Education. The CDIO Approach / E. Crawley, J. Malmqvist, S. Ostlund, D. Brodeur, K. Edström. Springer, 2014. 311 p.
2. Чучалин А. И. О применении подхода *CDIO* для проектирования уровневых программ инженерного образования // Высшее образование в России. 2016. № 4. С. 17–32. [Chuchalin, A.I. (2016). Application of the CDIO Approach to Three Level Engineering Programs Design. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 4, pp. 17–32. (In Russ., abstract in Eng.)]
3. EURACE Framework Standards and Guidelines. European Network for Accreditation of Engineering Education. URL: <http://www.enace.eu/eurLaceLsystem/eurLaceLframeworkLstandards>
4. Byrne, J., Jorgensen, T., Loukkola, T. (2013). Quality Assurance in Doctoral Education – Results of the ARDE Project. *EUA Publications*, 58 p.
5. Hansen, H.N., Grave, A. De. Graduate and PhD Course on Design and Manufacture of Micro Mechanical Systems. In: *Proc. 7th International CDIO Conference*, DTU, Denmark, 2011.
6. Andersson, P.H., Hussmann, P.M., Høyer, M., Vigild, M.E. Strategies for Lifting an Iceberg – Full Scale Adoption of CDIO. In: *Proc. 8th International CDIO Conference*, Queensland University of Technology, Brisbane, 2012.
7. Karlton, A., Berglund, M. Supporting Engineering Innovation and Design by a Multidisciplinary Master's Program. In: *Proc. 9th International CDIO Conference*, Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, Massachusetts, 2013.
8. Karlton, J., McIlroy, C., Eriksson, L. Joint Context-sharing Introductory Course for Four Different Master Programs. In: *Proc. 10th International CDIO Conference*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, 2014.
9. Wei, W., Li, L., He, J., Xie, M. Differentiating Instruction of CDIO: In Layered Curriculum and Course View. In: *Proc. 10th International CDIO Conference*, UPC, Barcelona, Spain, 2014.
10. Fortin, C., Yue, S., Zhao, F., Lemarquis, J.-P., Packwood, K., Kokkolaras, M. A New CDIO-Based Training Program for Advanced Degrees in Aerospace Engineering. In: *Proc. 10th International CDIO Conference*, UPC, Barcelona, Spain, 2014.
11. Malmqvist, J., Hugo, R., Kjellberg, M. A Survey of CDIO Implementation Globally – Effects on Educational Quality. In: *Proc. 11th International CDIO Conference*, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan, P.R. China, 2015.
12. Li, Yo., Wu, F., Wang, J., Wang, Ju. Reform Practice Based on the Concept of CDIO in Mechanical Engineering Professional Degree Postgraduate Education. In: *Proc. 11th International CDIO Conference*, Chengdu, China, 2015.
13. Antokhina, J., Olenov, V., Sheynin, Y. CDIO Implementation Experience for the Masters Training at SUAI. In: *Proc. 12th International CDIO Conference*, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, 2016.
14. Carstensen, A.-K., Bernhard, J. Design Science Research as an Approach for Engineering Education Research. In: *Proc. 12th International CDIO Conference*, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, 2016.
15. Chuchalin, A., Daneikina, N., Fortin, C. (2016) Application of CDIO Approach to Engineering BEng, MSc and PhD Programs Design and

Implementation. In: *Proc. 12th International CDIO Conference*, Turku, Finland, Turku University of Applied Sciences, pp. 805–815.

16. Xiang, J.-h., Zhang, C.-l., Gan, Z.-j., Liu, G.-y., Zhou, C., Chen, C.-g. Discussion on the Training Mode of Engineering Masters of School-

Enterprise Associate Laboratory. In: *Proc. 2015 International Conference on Social Science and Higher Education*.

Статья поступила в редакцию 08.02.17.

Принята к публикации 24.02.17.

APPLICATION OF CDIO APPROACH TO MSC AND PHD ENGINEERING PROGRAMS

Alexandr I. CHUCHALIN – Dr. Sci. (Engineering), Prof., Head of the Department of Engineering Pedagogy. E-mail: chai@tpu.ru

Natalia V. DANEIKINA – Postgraduate student, Department of Engineering Pedagogy. E-mail: mischenko@tpu.ru

National Research Tomsk Polytechnic University. Tomsk, Russia

Address: 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation

Abstract. The paper presents two-level lists of intended learning outcomes in the MSc's programs (FCDI Syllabus v1) and PhD programs (FFCD Syllabus v1) on the analogy with the CDIO Syllabus v2 for graduates of basic engineering education programs based on the analysis of generalized requirements of national and international standards for competences acquired by graduates of Master's degree programs (MSc-programs) and postgraduate programs (PhD-programs) in the field of engineering, technology and technical sciences, taking into account the expert opinion of specific features and priority directions in innovation and research engineering activity. Standards of MSc educational programs (FCDI Standards) and PhD educational programs (FFCD Standards) are developed with a focus on FCDI Syllabus v1 and FFCD Syllabus v1 on the analogy with the CDIO Standards for the basic engineering education programs. The developed lists of competencies of graduates and standards of MSc and PhD educational programs may be subject to further development and detailing in higher educational institutions.

Keywords: CDIO Concept, tiered engineering education and training, MSc and PhD engineering programs

Cite as: Chuchalin, A.I., Daneikina, N.V. (2017). [Application of CDIO Approach to MSc and PhD Engineering Programs]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 4 (211), pp. 17–25. (In Russ., abstract in Eng.)

The paper was submitted 08.02.17.

Accepted for publication 24.02.17.