

Модернизация трёхуровневого инженерного образования на основе ФГОС 3++ и CDIO++

Чучалин Александр Иванович – д-р техн. наук, проф., советник ректората.

E-mail: chai@kubstu.ru

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Адрес: 350042, г. Краснодар, ул. Московская, 2

***Аннотация.** Предложен подход к модернизации инженерных программ на трёх уровнях высшего образования (бакалавриат, магистратура, аспирантура) на основе стандартов CDIO++ в условиях перехода на актуализированные федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС 3++). Стандарты CDIO++ представлены в виде триады CDIO-FCDI-FFCD, учитывающей различия комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности. Особенность на основе стандартов CDIO++ заключается в том, что цели и результаты обучения планируются исходя из ориентации программ на подготовку выпускников к различным видам инженерной деятельности на различных этапах жизненного цикла создания технических объектов, процессов и систем. Модульная структура программ формируется в соответствии с требованиями ФГОС 3++ таким образом, чтобы каждый модуль вносил определённый вклад в достижение запланированных результатов обучения. Содержание, технологии и условия реализации программ определяются требованиями ФГОС 3++ и CDIO++.*

***Ключевые слова:** трёхуровневое инженерное образование, модернизация высшего инженерного образования, проектирование инженерных программ, подход CDIO, модель FCDI, модель FFCD, триада CDIO-FCDI-FFCD, стандарт CDIO++, ФГОС 3++*

***Для цитирования:** Чучалин А.И. Модернизация трёхуровневого инженерного образования на основе ФГОС 3++ и CDIO++ // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 4. С. 22-32.*

Введение

Российская высшая школа переходит на федеральные государственные образовательные стандарты ФГОС 3++, актуализированные к условиям массового внедрения в систему трудовых отношений профессиональных стандартов для различных видов деятельности и квалификационных уровней. Этот переход является закономерным и должен сыграть заметную роль в повышении эффективности взаимодействия сферы высшего образования и сферы труда с целью качественной подготовки выпускников вузов к выполнению трудовых функций. Уже разработаны и утверждены ФГОС 3++ для 1-го (бакалавриат) и 2-го (магистратура) уровней высшего образования, соответствующих

6-му и 7-му квалификационным уровням профессиональных стандартов. Разрабатываются примерные основные образовательные программы (ПООП). Есть надежда на то, что подготовка кадров высшей квалификации останется в структуре высшего образования в качестве 3-го уровня и в ближайшее время будут разработаны и утверждены ФГОС 3++ и ПООП для аспирантуры.

В настоящее время от вузов требуется привести основные профессиональные образовательные программы (ОПОП) в соответствии с требованиями ФГОС 3++. Для этого необходимо сориентировать программы на достижение результатов обучения, соответствующих требованиям ФГОС 3++ в части универсальных и общепрофессио-

нальных компетенций выпускников, а также компетенций, указанных в профессиональных стандартах, список которых приводится в приложениях к ФГОС 3++. Важно заметить, что вузам дано право выбирать из списка предложенных профессиональных стандартов те, что будут определять профиль (направленность) подготовки выпускников в рамках ФГОС 3++.

В процессе приведения ОПОП в соответствие с требованиями ФГОС 3++ вузы могут дополнять их своим видением перспективы подготовки выпускников к различным видам профессиональной деятельности, в том числе «на основе обобщения зарубежного опыта». Для образовательных программ по техническим направлениям таким «зарубежным опытом» является применение международных стандартов инженерного образования *CDIO*, хорошо зарекомендовавших себя во многих странах, в том числе в России [1–3]. Многие российские вузы, реализующие образовательные программы в области техники и технологий, используют подход *CDIO*, о чем свидетельствуют публикации в российских [4–8] и зарубежных [9–15] журналах.

В последнее время подход *CDIO*, разработанный за рубежом (США, Швеция) главным образом для базового инженерного образования (бакалавриат) и подготовки выпускников к комплексной инженерной деятельности, был в России усовершенствован и доведен до уровня *CDIO++*, т.е. адаптирован к задачам магистратуры и аспирантуры, с целью подготовки выпускников, соответственно, к инновационной и исследовательской инженерной деятельности [16–19]. По аналогии со стандартами *CDIO: Conceive, Design, Implement, Operate* (Планирование, Проектирование, Производство, Применение), определяющими жизненный цикл технических объектов, процессов и систем в контексте комплексной инженерной деятельности, разработаны стандарты *FCDI: Forecast, Conceive, Design, Implement* (Прогнозирование, Планирование, Проектиро-

вание, Производство) и *FFCD: Foresight, Forecast, Conceive, Design* (Предвидение, Прогнозирование, Планирование, Проектирование) для контекста соответственно инновационной и исследовательской инженерной деятельности [19].

Модель *FCDI* отличается от модели *CDIO* тем, что вместо *Operate* (Применение), не являющегося для магистров приоритетным видом деятельности, предусматривается *Forecast* (Прогнозирование), предполагающее анализ тенденций на рынке, прогнозирование перспективных запросов потребителей, оценку рисков и неопределенностей, определение наиболее востребованных и конкурентоспособных технических объектов, процессов и систем, что важно для планирования, проектирования и производства инновационной продукции. В свою очередь, модель *FFCD* отличается от модели *FCDI* тем, что вместо *Implement* (Производство), не являющегося приоритетным видом деятельности для выпускников аспирантуры, предусматривается *Foresight* (Предвидение), включающее научное и технологическое предвидение будущего, долгосрочное прогнозирование развития техники, планирование и проведение исследований, анализ «критических» технологий, что важно для создания научных основ инновационной деятельности.

Модель *CDIO++*

Модель *CDIO++* представляет собой триаду *CDIO-FCDI-FFCD*, на основе которой могут быть модернизированы программы подготовки выпускников бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям к комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности соответственно. Данная модель максимально учитывает особенности системы разделения труда в инженерной профессии и обеспечивает преемственность подготовки специалистов по ОПОП различного уровня. В таблице 1 указаны основные функции, которые должны в приоритетном

Таблица 1

Приоритетные функции выпускников уровневых инженерных программ

Функции выпускников на различных этапах инженерной деятельности			
Этап	Бакалавриат	Магистратура	Аспирантура
F ₁	Не является приоритетом	Не является приоритетом	Долгосрочное научно-техническое предвидение и планирование инновационных исследований
F ₂	Не является приоритетом	Определение наиболее востребованных и конкурентоспособных инновационных технических объектов, процессов и систем	Выявление потребностей в разработке новых наукоёмких технологий для создания инновационных объектов, процессов и систем
C	Концептуальное, техническое и бизнес-планирование создания технических объектов, процессов и систем	Исследование и разработка ресурсов для создания инновационных технических объектов, процессов и систем	Создание научных основ для проектирования и разработки инновационных технических объектов, процессов и систем
D	Проектирование технических объектов, процессов и систем	Разработка и проектирование инновационных технических объектов, процессов и систем	Научное сопровождение проектирования и разработки инновационных технических объектов, процессов и систем
I	Производство, испытание и сертификация технических объектов, процессов и систем	Управление производством, испытанием и сертификацией инновационных технических объектов, процессов и систем	Не является приоритетом
O	Применение, обслуживание, ремонт и вывод из эксплуатации технических объектов, процессов и систем	Не является приоритетом	Не является приоритетом

порядке выполнять выпускники программ различных уровней на различных этапах инженерной деятельности: *F₁ (Foresight)* – Предвидение, *F₂ (Forecast)* – Прогнозирование, *C (Conceive)* – Планирование, *D (Design)* – Проектирование, *I (Implement)* – Производство, *O (Operate)* – Применение.

Из таблицы 1 следует, что для выпускников программ различного уровня некоторые этапы инженерной деятельности не являются приоритетными. Однако это не означает, например, что бакалавры не могут участвовать в инженерной деятельности на этапах «Предвидение» и «Прогнозирование». При необходимости они должны быть способны

это делать под руководством магистров и выпускников аспирантуры, выполняя вспомогательные функции. Магистры же должны быть готовы содействовать выпускникам аспирантуры на этапе «Предвидение», а также руководить работой бакалавров на этапе «Применение». В свою очередь, выпускники аспирантуры в случае необходимости не должны уклоняться от деятельности на этапах «Производство» и «Применение». На практике специалисты с разным уровнем инженерного образования (вместе с техниками и другим персоналом), как правило, работают в командах, выполняя различные функции с соответствующими полномочиями и ответ-

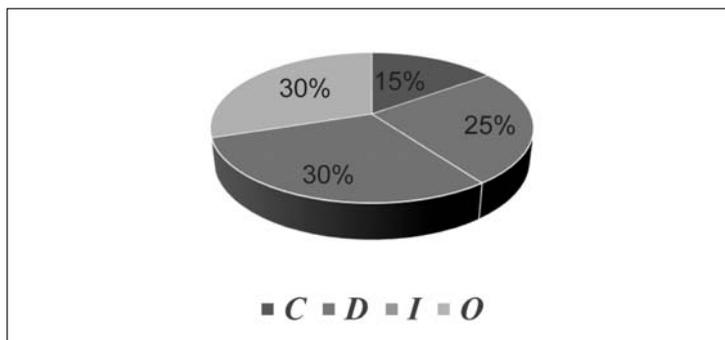


Рис. 1. Ориентация результатов освоения программы бакалавриата на C-D-I-O-этапы комплексной инженерной деятельности

ственно. При этом, однако, наивысшая производительность труда достигается тогда, когда каждый специалист занимается своим делом согласно приоритетам (табл. 1) и имеет соответствующую подготовку.

Проектирование образовательных программ на основе ФГОС 3++ и CDIO++

Проектирование программ подготовки бакалавров, магистров и аспирантов по техническим направлениям с использованием модели CDIO++ в составе триады CDIO-FCDI-FFCD целесообразно начинать с определения целей ОПОП и планирования результатов обучения, ориентированных на различные этапы комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности.

Бакалавриат. Цели ОПОП бакалавриата определяются исходя из соответствующих ФГОС 3++, миссии вуза и контекста комплексной инженерной деятельности (CDIO Standard 1) [19; 20]. На рисунке 1 изображена диаграмма, иллюстрирующая ориентацию результатов освоения 4-летней программы бакалавриата (240 зачетных единиц – кредитов ECTS) на C-D-I-O этапы комплексной инженерной деятельности. Ориентация ОПОП дана в процентах на основе кредитной оценки результатов обучения. Она может быть различной в зависимости от направленности (профиля) программы.

Из диаграммы следует, что 15% результатов обучения по проектируемой ОПОП

ориентированы на подготовку выпускников к работе на этапе планирования технических объектов, процессов и систем (изучение запросов потребителей, оценку технологических возможностей, определение стратегии производства, концептуальное, техническое и бизнес-планирование), 25% – на работу по их проектированию (создание проекта, который представляет собой чертежи, алгоритмы и описание того, что должно быть изготовлено), 30% – на производство (преобразование проекта в технический объект, процесс или систему, включая производство, разработку программного обеспечения, испытание и поверку) и 30% – на применение (использование технического объекта, процесса или системы для достижения запланированных целей, включая обслуживание, ремонт и вывод из эксплуатации). При планировании результатов освоения ОПОП бакалавриата разработчики принимают во внимание соответствующий ФГОС 3++, профессиональные стандарты (6-й уровень квалификации), обязательные профессиональные компетенции выпускников, содержащиеся в ПООП (при наличии), и CDIO Standard 2.

В соответствии с требованиями ФГОС 3++ образовательная программа бакалавриата должна состоять из трёх блоков, которые целесообразно разделить на модули. Блок 1: Б1 – социально-экономический и гуманитарный модуль, Б2 – модуль естествен-

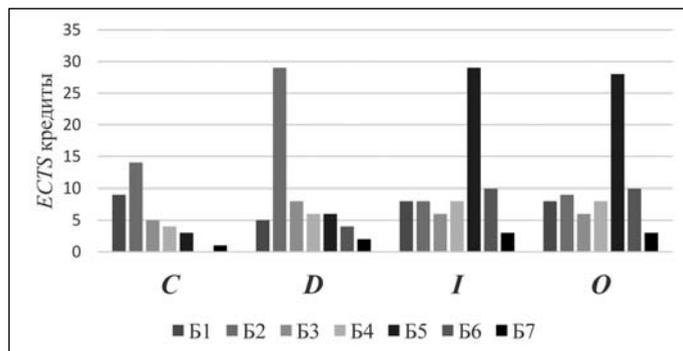


Рис. 2. Вклад модулей программы бакалавриата в результаты обучения, ориентированные на C-D-I-O-этапы комплексной инженерной деятельности

ных наук и математики, B3 – модуль базовых инженерных наук, B4 – обязательный профессиональный модуль, B5 – вариативный модуль; Блок 2: B6 – модуль практики; Блок 3: B7 – модуль итоговой аттестации.

На рисунке 2 изображена диаграмма, иллюстрирующая вклад модулей образовательной программы в достижение результатов обучения, ориентированных на C-D-I-O-этапы комплексной инженерной деятельности. Из рисунка следует, что модуль естественных наук и математики (B2) даёт максимальный вклад в подготовку выпускников к планированию (C) и проектированию (D) технических объектов, процессов и систем, в то время как вариативный модуль (B5) вносит наибольший вклад в подготовку выпускников к их производству (I) и применению (O). Следует отметить, что в соответствии с *CDIO Standard 3* каждый модуль интегрированного учебного плана вносит вклад в достижение запланированных результатов обучения.

При формировании структуры ОПОП в пределах модулей определяются дисциплины, кросс-дисциплинарные курсы и другие элементы учебного плана, в том числе «Введение в инженерную деятельность» (согласно *CDIO Standard 4*), на основе декомпозиции запланированных результатов обучения. Содержание каждого элемента и технологии обучения выбираются такими, чтобы наиболее эффективно способствовать

достижению запланированных результатов обучения и компетенций выпускников программы (*CDIO Standards 5–8*). Для контроля качества освоения программы студентами создается фонд оценочных средств (*CDIO Standards 11*), а также механизм оценки качества ОПОП в целом (*CDIO Standards 12*). Подготовка преподавателей к реализации программы осуществляется в соответствии с требованиями *CDIO Standards 9 и 10* [19].

Мазуртатура. Цели ОПОП магистратуры определяются исходя из соответствующего ФГОС 3++, миссии вуза и контекста инновационной инженерной деятельности (*FCDI Standard 1*) [19; 20]. На рисунке 3 изображена диаграмма, показывающая ориентацию результатов освоения 2-летней программы магистратуры (120 кредитов ECTS) на F-C-D-I-этапы инновационной инженерной деятельности.

Из диаграммы следует, что 25% результатов обучения проектируемой ОПОП ориентированы на подготовку выпускников к работе на этапе прогнозирования (анализ рынка и изучение потребностей основных заинтересованных сторон, оценка рисков и неопределённостей, определение наиболее востребованных и конкурентоспособных технических объектов, процессов и систем), 20% – на работу по планированию инновационных разработок (технико-экономический анализ, моделирование, создание ресурсов для проектирования), 30% – на проектирование ин-

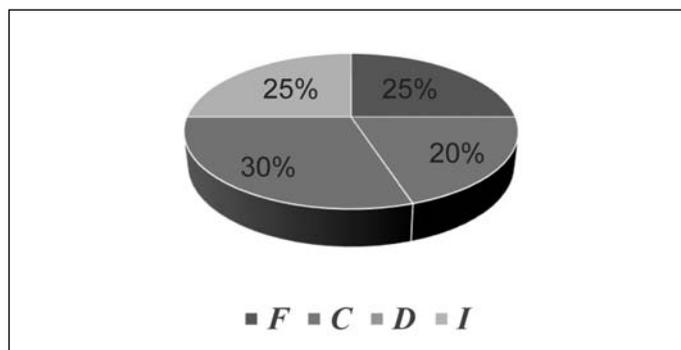


Рис. 3. Ориентация результатов обучения по программе магистратуры на F-C-D-I-этапы инновационной инженерной деятельности

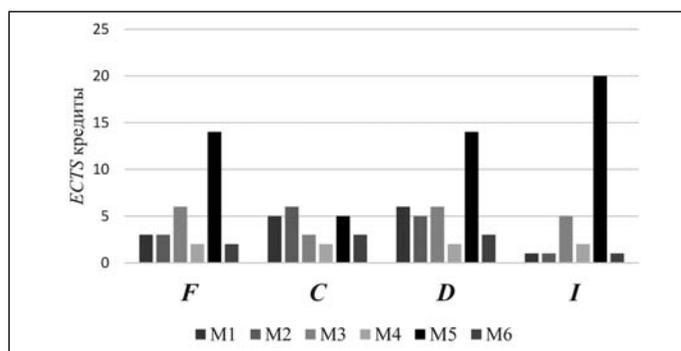


Рис. 4. Вклад модулей программы магистратуры в результаты обучения, ориентированные на F-C-D-I-этапы инновационной инженерной деятельности

новационной продукции с учётом жёстких технических, экономических, экологических и других ограничений и 25% – на участие в производстве инновационных технических объектов, процессов и систем (управление производством, технический и технологический контроль). При планировании результатов освоения ОПОП магистратуры разработчики принимают во внимание соответствующий ФГОС 3++, профессиональные стандарты (7-й уровень квалификации), обязательные профессиональные компетенции выпускников, содержащиеся в ПООП (при наличии), и FCDI Standard 2 [19].

В соответствии с требованиями ФГОС 3++ образовательная программа магистратуры должна состоять из трёх блоков, которые целесообразно разделить на модули. Блок 1: М1 – модуль фундаментальных наук,

М2 – модуль инженерных наук, М3 – модуль обязательной профессиональной подготовки, М4 – вариативный модуль; Блок 2: М5 – модуль научных исследований и практики; Блок 3: М6 – модуль итоговой аттестации.

На рисунке 4 изображена диаграмма, показывающая вклад модулей образовательной программы в достижение результатов обучения, ориентированных на F-C-D-I-этапы инновационной инженерной деятельности. Из рисунка следует, что все модули программы вносят вклад в достижение результатов обучения, необходимых для подготовки выпускников к работе на всех этапах (FCDI Standard 3). Однако главную роль в подготовке магистров играют научные исследования и практика (М5).

В структуре ОПОП в пределах модулей формируются дисциплины, междисципли-

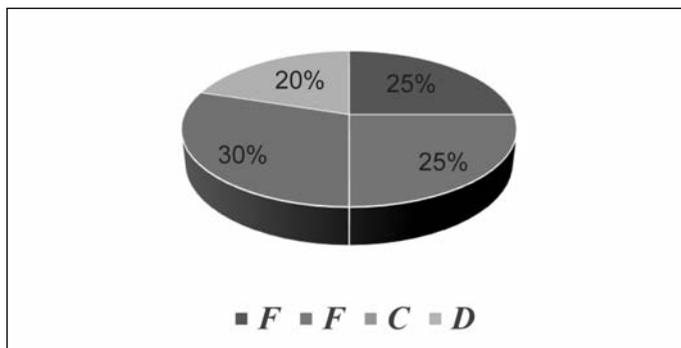


Рис. 5. Ориентация результатов обучения по программе аспирантуры на F-F-C-D-этапы исследовательской инженерной деятельности

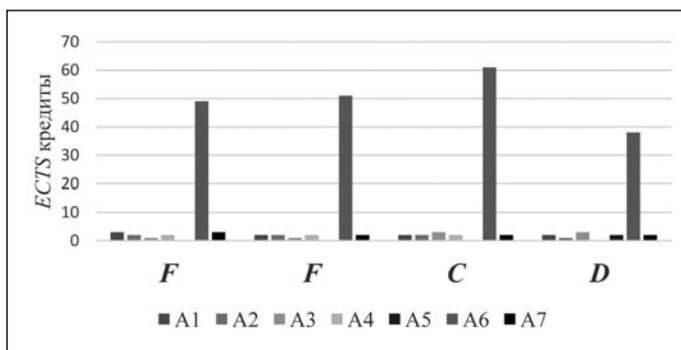


Рис. 6. Вклад модулей программы аспирантуры в результаты обучения, ориентированные на F-F-C-D-этапы исследовательской инженерной деятельности

нарные курсы и другие элементы учебного плана, в том числе «Введение в инновационную деятельность» (FCDI Standard 4). Содержание и технологии реализации, фонд оценочных средств и механизм оценки качества ОПОП выбираются согласно ФГОС 3++ и рекомендациям, изложенным в FCDI Standards 5–8, 11 и 12. Компетенции преподавателей формируются с учётом требований FCDI Standards 9 и 10.

Аспирантура. В отсутствие ФГОС 3++ цели ОПОП аспирантуры определяются исходя из ФГОС 3+, миссии вуза и контекста исследовательской инженерной деятельности (FFCD Standard 1) [19].

На рисунке 5 изображена диаграмма, иллюстрирующая ориентацию результатов освоения 4-летней программы аспирантуры (240 кредитов ECTS) на F-F-C-D-этапы ис-

следовательской инженерной деятельности. Из диаграммы следует, что 25% результатов обучения проектируемой ОПОП ориентированы на подготовку выпускников к работе на этапе предвидения (научно-техническое видение перспектив развития общества и его потребностей, планирование исследований, технологический форсайт, анализ «критических» технологий), 25% – на работу по прогнозированию (управление знаниями, исследование и генерирование новых знаний, критический анализ научных данных, оценка необходимости разработки наукоёмких технологий), 30% – на планирование инноваций (создание научных основ для проектирования инновационных технических объектов, процессов и систем, разработка наукоёмких технологий) и 20% – на участие в проектировании инновационных объектов, процес-

сов и систем (научное сопровождение разработки и проектирования инновационной продукции). При планировании результатов освоения ОПОП разработчики принимают во внимание соответствующий ФГОС 3+, профессиональные стандарты (при наличии) и *FFCD Standard 2* [19].

В соответствии с требованиями ФГОС 3+ образовательная программа аспирантуры должна состоять из четырёх блоков, которые целесообразно разделить на модули. *Блок 1:* А1 – модуль фундаментальных наук, А2 – модуль инженерных наук, А3 – модуль обязательной профессиональной подготовки, А4 – вариативный модуль; *Блок 2:* А5 – модуль практики; *Блок 3:* А6 – модуль научных исследований; *Блок 4:* А7 – модуль итоговой аттестации.

На рисунке 6 показана диаграмма, иллюстрирующая вклад модулей образовательной программы в достижение результатов обучения, ориентированных на F-F-C-D-этапы исследовательской инженерной деятельности. Из рисунка следует, что при подготовке аспирантов доминируют научные исследования, вносящие определяющий вклад в результаты обучения, необходимые для работы на всех этапах исследовательской инженерной деятельности (*FFCD Standard 3*).

В структуре ОПОП в пределах модулей формируются дисциплины, трансдисциплинарные курсы и другие элементы учебного плана, в том числе «Введение в исследовательскую деятельность» (*FFCD Standard 4*). Содержание и технологии реализации элементов учебного плана, а также оценка качества освоения программы и требования к компетенциям преподавателей определяются в соответствии с ФГОС 3++ с учётом *FFCD Standards 5–12* [19].

Заключение

Разработан подход к проектированию программ трёхуровневого инженерного образования на основе стандартов *CDIO++*, доведённый в отечественной практике до

уровня триады *CDIO-FCDI-FFCD*. Подход предлагается использовать при модернизации программ бакалавриата, магистратуры и аспирантуры в контексте приведения их содержания в соответствие с актуализированными федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС 3++). Достоинством стандартов *CDIO++* является то, что они учитывают принципиальные отличия в содержании комплексной, инновационной и исследовательской инженерной деятельности. Модернизация трёхуровневых программ на основе *CDIO++* позволит обеспечить подготовку выпускников бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по техническим направлениям, максимально соответствующую особенностям системы разделения труда в инженерной профессии и международным требованиям. Разработанный подход применяется в *Кубанском государственном техническом университете* и рекомендуется к использованию в других российских вузах, в первую очередь в университетах – участниках *Worldwide CDIO Initiative* и ведущих университетах – участниках проекта «5-100», приоритетом которых является подготовка магистров и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Литература

1. Переосмысление инженерного образования. Подход *CDIO* / Э. Ф. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд, Д. Р. Бродер, К. Эдстрем; пер. с англ. С. Рыбушкиной; под науч. ред. А. Чучалина. М.: Изд. дом ВШЭ, 2015. 504 с.
2. Чучалин А.И., Таюрская М.С. Применение ФГОС 3+ и международных стандартов инженерного образования при проектировании, реализации и оценке качества программ по техническим направлениям // Высшее образование в России. 2014. №12. С. 71–80.
3. Чучалин А.И. О применении подхода *CDIO* для проектирования уровней программ инженерного образования // Высшее образование в России. 2016. № 4. С. 17–32.
4. Вайнштейн Ю.В., Шершнёва В.А., Сафонов К.В. Идеология *CDIO* в обучении математике // Высшее образование в России. 2016. № 2. С. 75–82.

5. Гафурова Н.В., Оситова С.И. Металлургическое образование на основе идеологии CDIO // Высшее образование в России. 2013. № 12. С. 137–139.
6. Долженко Р.А. Концепция CDIO как основа инженерного образования: промежуточные итоги и направления дальнейшего использования в России // Известия УГТУ. 2017. Вып. 2 (46). С. 104–108. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/kontseptsiya-cdio-kak-osnova-inzhenernogo-obrazovaniya-promezhutochnye-itogi-i-napravleniya-dalneyshego-ispolzovaniya-v-rossii>
7. Оситова С.И., Рудницкий Э.А. Вовлечение стейкхолдеров в реализацию идеологии CDIO // Высшее образование в России. 2015. № 8/9. С. 39–45.
8. Подлесный С.А., Козлов А.В. CDIO: цели и средства достижения // Инженерное образование. 2014. № 16. С. 9–13.
9. Lumev A., Fedotova A., Rybakov A. Complex Strategy of CDIO Initiative Implementation in a Regional Russian University // Proceedings of the 10th International CDIO Conference, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, 2014.
10. Lumev A., Zaripova V., Petrova I. Implementation of CDIO Initiative Approach at a Russian Regional University // Proceedings of the 9th International CDIO Conference, Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, Massachusetts, USA, 2013.
11. Petrovskaya T. Using CDIO Concept to Develop Engineering Education in Tomsk Polytechnic University // Proceedings of the 9th International CDIO Conference, Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, Massachusetts, USA, 2013.
12. Rebrin O., Sholina I., Berestova S. Interdisciplinary Project for Bachelor Engineering Program // Proceedings of the 10th International CDIO Conference, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, 2014.
13. Reebistov G., Plotkin A. Computer Engineering Educational Projects of MIPT-Intel laboratory in the Context of CDIO // Proceedings of the 10th International CDIO Conference, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, 2014.
14. Antokbina J., Olenev V., Sheynin Y. CDIO Implementation Experience for the Masters Training at SUAI // Proceedings of the 12th International CDIO Conference, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, 2016.
15. Chuchalin A., Petrovskaya T., Kulyukina E., Tayurskaya M. Benchmarking of TPU Academic Standard and CDIO Standards in Engineering Education // Proceedings of the 8th International CDIO Conference, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, 2012.
16. Чучалин А.И., Данейкина Н.В. Адаптация подхода CDIO к магистратуре и аспирантуре // Высшее образование в России. 2017. № 4. С. 17–25.
17. Chuchalin A., Daneikina N., Fortin C. Application of CDIO Approach to Engineering BEng, MSc and PhD Programs Design and Implementation // Proceedings of the 12th International CDIO Conference, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, 2016.
18. Chuchalin A. Development of the CDIO Concept in Russia // Proceedings of the 4th IETEC Conference, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam, 2017.
19. Chuchalin A. Evolution of the CDIO Approach: BEng, MSc and PhD level // European Journal of Engineering Education. Published online: 04 Jan 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1422694>
20. Чучалин А.И. Цели и результаты освоения профессиональных образовательных программ // Высшее образование в России. 2014. № 2. С. 5–16.

Статья поступила в редакцию 22.02.18

Принята к публикации 15.03.18

Modernization of the three-cycle engineering education based on FSES 3++ and CDIO++

Alexandr I. Chuchalin – Dr. Sci. (Tech.), Prof., Rectorate Advisor, e-mail: chai@kubstu.ru
 Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
 Address: 2, Moskovskaya str., Krasnodar, Krasnodarskiy kray, 350042

Abstract. The paper proposes an approach to modernization of engineering programs at three cycles of higher education (bachelor, master, doctor) based on the CDIO++ Standards developed in Russia in the conditions of transferring to a new version of the Federal State Educational Standards (FSES 3++). The CDIO++ Standards are represented by a CDIO-FCDI-FFCD triad taking into account the differences between complex, innovative and research engineering activity. The peculiarity of the three-cycle engineering programs design based on the CDIO++ Standards is that program objectives and outcomes are defined considering the graduate training programs focus on various types of engineering activity at various stages of engineering products, processes and systems life-cycle. The modular structure of the programs is formed according to the FSES 3++ requirements. Each program module should contribute to achievement of the intended program outcomes. The program content, teaching and learning technologies, as well as the conditions of program delivery should meet the FSES 3++ and CDIO++ requirements. The developed approach is used being implemented in the Kuban State Technological University and is recommended to be used in other Russian universities, first and foremost in those participating in the “Worldwide CDIO++ Initiative”, as well as leading universities participating in the “5-100” programme aiming at preparation of academic and teaching staff (masters and doctors).

Keywords: three-cycle engineering education, modernization, engineering programs design, CDIO approach, FCDI model, FFCD model, CDIO++, FSES++, CDIO-FCDI-FFCD triad

Cite as: Chuchalin, A.I. (2018). [Modernization of the Three-cycle Engineering Education Based on FSES 3++ and CDIO++]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. Vol. 27, no. 4, pp. 22-32. (In Russ., abstract in Eng.)

References

1. Crawle, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D., Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: the CDIO Approach*. 2nd Ed. Springer. 311 p.
2. Chuchalin, A.I., Tayurskaya, M.S. (2014). [Implementation of Federal Educational Standards and International Standards for Designing, Performing and Quality Evaluation of Engineering Educational Programmes]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher Education in Russia. No. 12, pp. 71-80. (In Russ., abstract in Eng.)
3. 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.)
4. Vainshtein, Yu.V., Shershneva, V.A., Safonov, K.V. (2016). [CDIO Ideology in Math Training]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 2, pp. 75-82. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Gafurova, N.V., Osipova, S.I. (2013). [Metallurgical Education in CDIO Ideology]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 12, pp. 137-139. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Dolzhenko, R.A. (2017) [CDIO Concept as the Basis of Engineering Education: Interim Results and Directions for Further Use in Russia]. *Izvestiya UGGU* = News of the Ural State Mining University, no. 2 (46), pp. 104-108. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/kontseptsiya-cdio-kak-osnova-inzhenerного-obrazovaniya-promezhutochnye-itogi-i-napravleniya-dalneyshego-ispolzovaniya-v-rossii> (In Russ., abstract in Eng.)
7. Osipova, S.I., Rudnitskiy, E.A. (2015). [Integration of Stakeholders in the Implementation of CDIO Ideology]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 8/9, pp. 39-45. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Podlesny, S.A., Kozlov, A.V. (2014). [CDIO: Objectives and Means of Achievement]. *Inzhenernoe obrazovanie* = Engineering Education, no. 16, pp. 9-13 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Lunev, A., Fedotova, A., Rybakov, A. (2014). Complex Strategy of CDIO Initiative Implementation in a Regional Russian University. *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.

10. Lunev, A., Zaripova, V., Petrova, I. (2013). Implementation of CDIO Initiative Approach at a Russian Regional University. *Proceedings of the 9th International CDIO Conference*, Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, Massachusetts, USA.
11. Petrovskaya, T. (2013). Using CDIO Concept to Develop Engineering Education in Tomsk Polytechnic University. *Proceedings of the 9th International CDIO Conference*, Massachusetts Institute of Technology and Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, Massachusetts, USA.
12. Rebrin, O., Sholina, I., Berestova, S. (2014). Interdisciplinary Project for Bachelor Engineering Program. *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.
13. Rechistov, G., Plotkin, A. (2014). Computer Engineering Educational Projects of MIPT-Intel Laboratory in the Context of CDIO. *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.
14. Antokhina, J., Olenev, V., Sheynin, Y. (2016). CDIO Implementation Experience for the Masters Training at SUAI. *Proceedings of the 12th International CDIO Conference*, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland.
15. Chuchalin, A., Petrovskaya, T., Kulyukina, E., Tayurskaya, M. (2012). Benchmarking of TPU Academic Standard and CDIO Standards in Engineering Education. *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
16. 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, pp. 17-25. (In Russ., abstract in Eng.)
17. Chuchalin, A., Daneikina, N., Fortin, C. (2016). Application of CDIO Approach to Engineering BEng, MSc and PhD Programs Design and Implementation. *Proceedings of the 12th International CDIO Conference*, Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland.
18. Chuchalin, A. (2017). Development of the CDIO Concept in Russia. *Proceedings of the 4th IETEC Conference*, Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam.
19. Chuchalin, A. Evolution of the CDIO Approach: BEng, MSc and PhD level. *European Journal of Engineering Education*. Published online: 04 Jan 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1422694>
20. Chuchalin, A.I. (2014). [Academic Programme Objectives and Learning Outcomes]. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. No. 2, pp. 5-16. (In Russ., abstract in Eng.)

The paper was submitted 22.02.18

Accepted for publication 15.03.18
