

КОНЦЕПЦИЯ CDIO КАК ОСНОВА ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ИТОГИ И НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

Р. А. Долженко

CDIO concept as the basis of engineering education: interim results and directions for further use in Russia

R. A. Dolzhenko

The author analyzes CDIO concept - a new integrated approach to engineering education, describes the history of its formation, presents interim results of its implementation in the national universities, as well as the directions for further use in the Russian Federation. The paper contains analysis of the dynamics of academic publications on the topic of CDIO in Russia and abroad, provides a list of foreign journals that highlighted this subject was the most, has the reviews of the most quoted scientific papers that reflect the content of CDIO initiative. The author describes the advantages of CDIO concept and the content of this approach to engineering education, which is spreading in foreign universities and appears in a number of Russian educational organizations. From the point of view of the creators of CDIO, this approach will help to educate such a future graduate of the university, who can come up with a new product or a new technical idea, carry out all the design work for its implementation, and introduce the result into production. The article also highlights a list of factors that hamper the development of CDIO in Russian pedagogical practice. The author proposes a set of recommendations and an algorithm for the introduction of this approach to the Russian university practice. In order to implement the CDIO in its practice, the university must first verify its activities for compliance with CDIO standards, which set out 12 directions for implementing this initiative and possible levels of their evaluation. The analysis showed that the formalized procedure for joining the CDIO association does not carry significant preferences for the educational organization, while CDIO open standards will improve its activities.

Keywords: education; engineering education; technical specialties; CDIO; education standards; publications.

Проанализирована концепция CDIO – новый комплексный подход к инженерному образованию, описана история ее становления, представлены промежуточные итоги ее внедрения в отечественных вузах, а также направления дальнейшего использования в РФ. В работе проанализирована динамика академических публикаций на тему CDIO в России и за рубежом, приведен список зарубежных журналов, в которых данная тематика нашла наибольшее отражение, проведен обзор наиболее цитируемых научных работ, в которых отражено содержание инициативы CDIO. Описано содержание подхода CDIO к инженерному образованию, который получает распространение в зарубежных вузах и точно используется рядом российских образовательных организаций, показаны преимущества данной концепции. С точки зрения создателей CDIO, данный подход позволит обучить такого будущего выпускника вуза, который сможет придумать новый продукт или новую техническую идею, осуществить все конструкторские работы по ее воплощению, внедрить в производство то, что получилось в итоге. В статье также был выделен перечень факторов, которые сдерживают развитие CDIO в отечественной педагогической практике. Предложен комплекс рекомендаций и описан алгоритм для внедрения указанного подхода к деятельности российского вуза. Для того чтобы внедрить CDIO в свою практику, университет должен прежде всего проверить свою деятельность на соответствие стандартам CDIO, в которых прописаны 12 направлений реализации данной инициативы, а также возможные уровни оценки. Анализ показал, что формализованная процедура вступления в ассоциацию CDIO не несет в себе значительных предпочтений для образовательной организации, в то время как выложенные в открытом доступе стандарты позволяют улучшить ее деятельность.

Ключевые слова: обучение; инженерное образование; технические специальности; CDIO; стандарты образования; публикации.

Будущая судьба российского общества, успех экономики нашей страны во многом зависят от результатов модернизации отечественного образования. Отдельное значение в этом направлении имеет обучение инженерным специальностям. Новый технологический уклад, к которому вплотную подошла Россия, требует пересмотра подходов к обучению инженеров. С подобной проблемой столкнулась ранее и зарубежная общественная мысль, в итоге одним из направлений развития инженерного образования за рубежом стала инициатива CDIO, инициированная в начале XXI в. совместными усилиями Массачусетского технологического института и нескольких европейских вузов. В России она была принята рядом образовательных организаций и внедрена в практику на рубеже 2013 г., за последние 4 года к ней присоединились еще около 10 вузов. Однако до сих пор не была сделана попытка обобщить интерес к данной тематике со стороны исследователей, практиков, педа-

гогов и определить направления развития инициативы CDIO в контексте отечественной специфики.

Именно этому и посвящена данная работа. В статье будет проанализирован интерес к CDIO в академических публикациях, изложено ее актуальное содержание, а также определены направления внедрения и развития в отечественной образовательной практике.

CDIO в академических публикациях: от динамики к приоритетам

Проблемы в системе высшего и, в частности, инженерного образования вызывают пристальное внимание со стороны ученых. Понимая насущную необходимость в пересмотре подходов к обучению в новых условиях, некоторые из них предлагают свои подходы к реформированию системы высшего образования. Одна из таких инициатив CDIO – новый комплексный подход к инженерному образованию, который был зарожден в качестве идеи в 1997 г. и окончательно сформировался и оформился в 2001 г. благодаря сотрудничеству Массачусетского технологического института (США) с рядом шведских университетов. Хронология событий, связанных с развитием CDIO, представлена на [рис. 1](#).

Первые публикации в научных изданиях по данной тематике, согласно данным Scopus, датированы 2002 г. С тех пор интерес к данной теме со стороны научного сообщества стал проявляться больше. Так, к настоящему времени ежегодное количество академических публикаций, связанных с темой CDIO, увеличилось в 6 раз: если в 2002 г., по данным базы Scopus, количество таких работ составляло 5, то в 2016 г. – уже 30 ([рис. 2](#)). Рост количества публикаций наблюдается также и в отечественных журналах (см. динамику по базе публикаций eLIBRARY.ru на [рис. 2](#)). Более того, интерес российских ученых к данной теме был значительно выше по сравнению с таковым у зарубежных коллег (112 публикаций в 2014 г. согласно РИНЦ по сравнению с 54 работами, проиндексированными в Scopus). Отметим, что первая русскоязычная статья в журнале на тему CDIO датирована 2011 г., а пик интереса в 2014 г. также обусловлен изданием целого номера журнала «Инженерное образование», посвященного CDIO.

В связи с постепенным расширением сферы публикаций на тему CDIO можно попытаться определить тенденции в интересах исследователей. В то же время следует отметить, что интерес

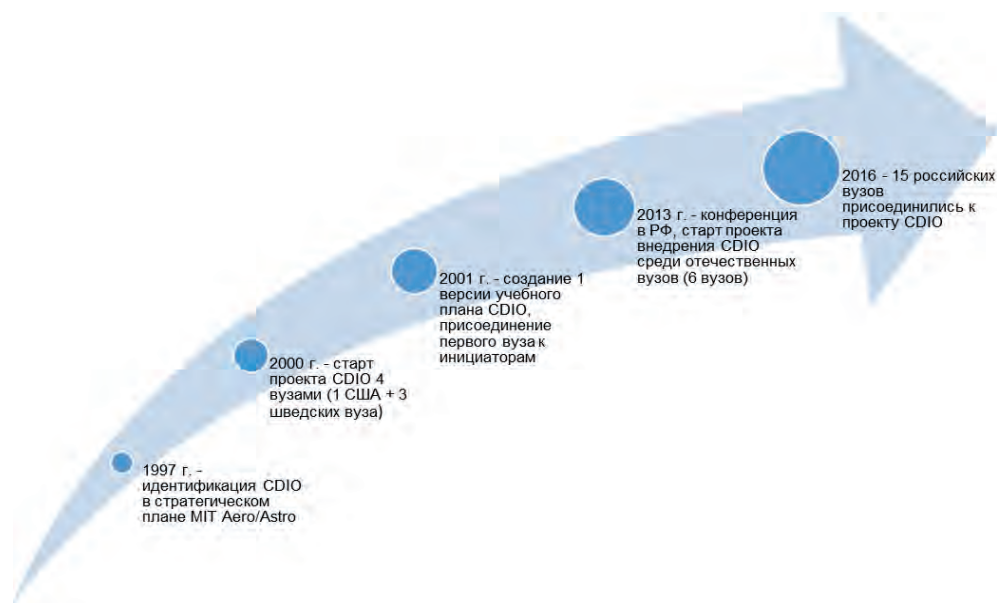


Рисунок 1. История развития CDIO в мировом и российском образовательном сообществе.

ученых находит свое отражение больше в сборниках научных конференций, чем в академических изданиях. Из общего числа статей на тему CDIO в базе Scopus (410 записей) лишь 93 опубликованы в журналах, 14 в книгах и отдельных главах, 286 статьи изложены в сборниках конференций.

Проведенный автором статьи анализ публикационной активности исследователей CDIO за последние 10 лет показал тенденцию к небольшому сокращению и стабилизации числа публикаций, при этом количество публикаций в отечественных журналах демонстрирует ту же тенденцию (рис. 2). В качестве источников автор использовал базы публикаций Scopus, Web of Science и отечественную базу РИНЦ. В целях анализа использовались работы, в которых термин «CDIO» присутствовал в названии статьи, аннотации, либо в перечне ключевых слов. Учитывались статьи в научных журналах, а также сборниках

конференций. Публикации рассматривались в период с 2000 по 2016 г. Итак, интерес к проблематике CDIO возник относительно недавно, он достиг пика за рубежом в 2011–2013 гг.; в России – в 2013–2014 гг., и количество публикаций стабилизировалось.

Для анализа ключевых направлений исследований в области CDIO автором рассматривалось содержание наиболее цитируемых статей в данной области (по данным Scopus и РИНЦ), а также работ, опубликованных в журналах в последние годы. Отбор публикаций осуществлялся по принципу наличия в названии термина «CDIO». Всего за период с 2000 по 2016 г. в базе Scopus были выявлены 93 такие статьи. В табл. 1 приведен список журналов, в которых опубликовано наибольшее количество исследований по тематике CDIO.

Данной тематике посвящены работы широкого круга исследователей. Из наиболее цитируемых работ можно выделить

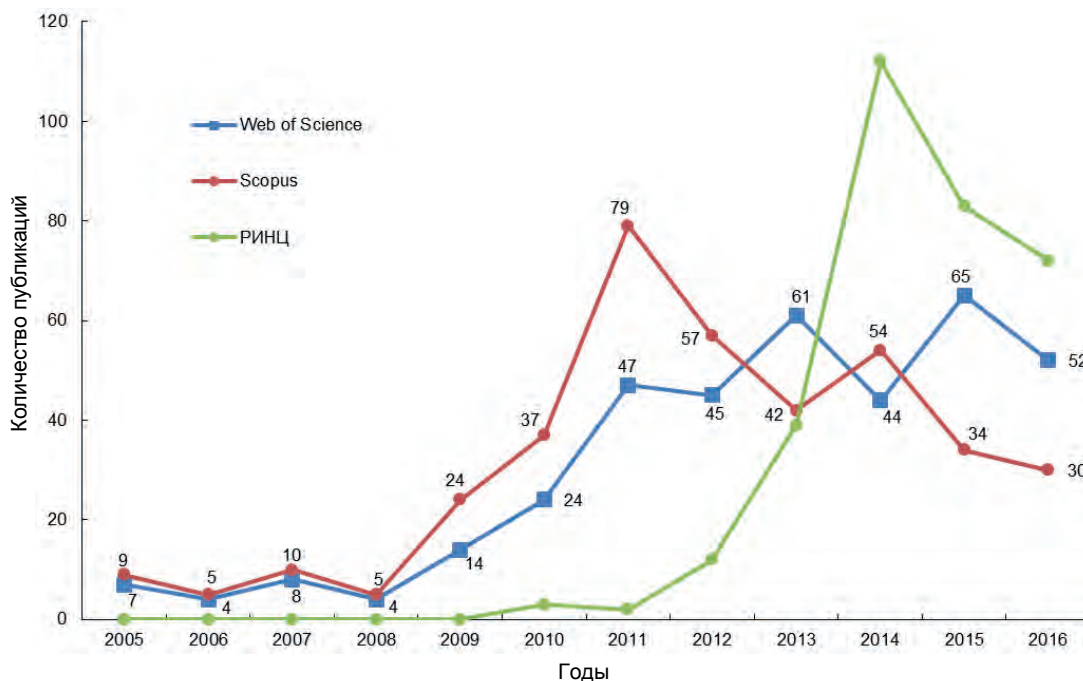


Рисунок 2. Количество публикаций на тему CDIO, индексируемых в базах Scopus, Web of Science, РИНЦ.

Таблица 1. Список журналов, в которых было опубликовано наибольшее количество статей на тему CDIO.

Издание	Количество статей на тему CDIO
World Transactions On Engineering And Technology Education	18
European Journal Of Engineering Education	5
Journal Of Engineering Science And Technology	5
Australasian Journal Of Engineering Education	4
Energy Education Science And Technology Part A: Energy Science And Research	4

зарубежные исследования следующих авторов: E. F. Crawley, D. R. Brodeur, D. H. Soderholm в 2008 г. [1], K. Edström, A. Kolmos в 2014 г. [2], A. Lunev, I. Petrova, V. Zaripova в 2013 г. [3], L. C. Woollacott в 2009 г. [4], G. D. Padfield в 2006 г. [5], работу китайских ученых Y. Wang, Z. Qi, Z. Li, L. Zhang в 2011 г. [6]. Среди русскоязычных исследований самыми цитируемыми являются работы Н. В. Гафуровой, С. И. Осиповой в 2013 г. [7], А. И. Чучалина в 2011 г. [8], А. Н. Яковлева, К. С. Костикова, Н. В. Мартюшева, Н. А. Шепотенко, Ю. В. Фалькович в 2012 г. [9], О. М. Замятиной, П. И. Мозгалевой в 2013 г. [10], О. К. Миневой, Р. И. Акмаевой, Л. В. Усачевой в 2013 г. [11].

Тематика данных работ связана с практическими возможностями использования подхода CDIO в металлургическом образовании, обучении будущих инженеров математике, в нескольких работах приведены результаты исследования ожиданий стейкхолдеров по поводу профессионализма обучившихся по стандартам CDIO [12, 13].

Прежде всего, следует отметить несколько моментов, характеризующих всю совокупность рассматриваемых статей об инициативе CDIO (как наиболее цитируемых, так и современных).

Большинство статей носят эмпирический характер, они описывают анализ конкретных случаев (case study) внедрения, использования CDIO в практике вуза, образовательной программы. Это еще раз подчеркивает, что концепция CDIO требует более детального понимания, объяснения и обобщения.

Преобладают исследования, проводимые в Китае (41 публикация согласно Scopus), затем в США (8 публикаций), в России (6 публикаций) и в Швеции (6 публикаций) на базе крупных технических вузов.

Среди наиболее цитируемых работ в Scopus присутствует лишь 1 публикация, выполненная коллективом русских ученых. В то же время становится все более очевидным, что опыт совершенствования инженерного образования в России имеет

существенный потенциал для дальнейших исследований в данной области и необходим его переход в международное научное сообщество.

Рассмотрим далее, что представляет собой подход CDIO и каковы направления его использования в практике отечественных технических вузов.

Содержание подхода CDIO к обучению техническим специальностям

Как позиционируют создатели CDIO, – это комплексный подход к инженерному образованию (в первую очередь, бакалавриата), включающий в себя набор общих принципов создания учебных программ, их материально-технического обеспечения, подбора и обучения преподавателей. Аббревиатура складывается из первых букв четырех ключевых понятий данного подхода: Conceive (Замысел), Design (Разработка), Implement (Внедрение), Operate (Использование). Таким образом, CDIO предполагает системную подготовку инженеров, умеющих генерировать идеи, проектировать, производить, эксплуатировать и утилизировать продукты инженерной деятельности [12]. Декларируемая цель CDIO: инженер-выпускник вуза, который умеет придумать новый продукт или новую техническую идею, осуществить все конструкторские работы по ее воплощению, внедрить в производство то, что получилось.

Как отмечено в работе С. А. Подлесных и А. В. Козлова, внедрение CDIO в отечественную образовательную практику сдерживается отсутствием необходимой лабораторной базы для реализации экспериментальной компоненты парадигмы, а также низким уровнем развития возможностей внедрения и использования инженерных наработок на практике [14]. Можно добавить к числу ограничителей и слабое развитие педагогических компетенций у преподавателей, а также отсутствие возможности у вузов осуществлять постоянное обучение педагогов, предусмотренное стандартами CDIO. Создатели подхода попытались стандарти-

Таблица 2. Отечественные вузы – участники ассоциации CDIO.

Наименование вуза	Год вступления в ассоциацию CDIO
Томский политехнический университет (Tomsk Polytechnic University)	2011
Астраханский государственный университет (Astrakhan State University)	2012
Сколковский институт науки и технологий (Skolkovo Institute for Science and Technology)	2012
Московский авиационный институт (Moscow Aviation Institute)	2012
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics)	2013
Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина (Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin)	2013
Московский физико-технический институт (Moscow Institute of Physics and Technology)	2013
Сибирский федеральный университет (Siberian Federal University)	2014
Казанский (Приволжский) федеральный университет (Kazan Federal University)	2014
Донской государственный технический университет (Don State Technical University)	2014
Череповецкий государственный университет (Cherepovets State University)	2014
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (National Research Nuclear University MEPhI)	2014
Якутский государственный университет имени М. К. Аммосова (The Ammosov North-Eastern Federal University)	2015
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Bauman Moscow State Technical University (BMSTU))	2015
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation)	2015
Орловский государственный университет (Oryol State University)	2016



Рисунок 3. Перечень стандартов CDIO.

зировать все ключевые аспекты деятельности образовательной организации, которая пытается внедрить в свою практику CDIO. В настоящий момент разработано и используется 12 стандартов.

Как известно, стандарты – это образцы, эталоны, модели, принимаемые за исходные, для сопоставления с ними других подобных объектов. Объектами стандартизации могут выступать практически любые объекты в организации: продукты, услуги, процессы, документы, деятельность и др. Таким образом, стандарт устанавливает комплекс правил и требований к объекту стандартизации. В то же самое время, стандарт – это не жестко зафиксированное требование, а отправная точка для мероприятий по совершенствованию деятельности, так как деятельность по стандартизации предполагает регулярное изменение стандартов в целях повышения эффективности деятельности образовательной организации.

Вуз также является организацией, его деятельность в силу общественной значимости в России почти полностью стандартизирована. Любое отклонение от стандарта предполагает вариации, а значит, необходимы дополнительные усилия по контролю. Если образовательная деятельность контролируется в России Министерством образования и науки, а также соответствующими надзорными органами, то следование стандартам CDIO предполагает взятие вузом на себя обязательств по реализации прописанных в них требованиях. Держателем компетенций в этой области какое-то время позиционировали себя Агентство национальных инициатив и Сколтех. К сожалению, данная инициатива не получила широкого распространения в российской образовательной практике. За последние 4 года к инициативе CDIO к первоначальному 6 вузам присоединились лишь 10 образовательных организаций (табл. 2).

В настоящее время сообщество CDIO включает в себя более 100 университетов с практико-ориентированным обучением, использующих стандарты CDIO. Ряд российских вузов уже длительное время входит в число участников ассоциации CDIO: Томский политехнический университет, Сколтех, Астраханский государственный университет, Московский авиационный ин-

ститут, МФТИ, ТУСУР и др. По факту данная инициатива не получила широкого распространения среди отечественных вузов, дальнейшая судьба инициативы CDIO в нашей стране вызывает сомнения, в первую очередь, из-за ухода создателя концепции и ключевого инициатора внедрения Эдварда Кроули с поста ректора Сколтеха, под эгидой которого и было реализовано масштабное информирование вузов в 2013 г. В частности, в 2016 г. в ассоциацию вступил лишь один отечественный вуз. Остаются неясными преимущества от участия в ассоциации, все стандарты находятся в открытом доступе, в том числе в переведенном варианте, поэтому следование им возможно и без прохождения формализованной процедуры вступления в CDIO.

Рассмотрим содержание стандартов CDIO версии 2.1, которые представлены на сайте www.cdio.org. В каждом стандарте приведено описание, обоснование использования, ожидаемые результаты от следования, а также таблица с критериями оценки уровня выполнения требований стандарта (от 0 до 5). Нулевое значение оценки по каждому из стандартов показывает, что образовательная организация не имеет каких-либо программ, не совершает никаких действий по внедрению различных аспектов CDIO в своей деятельности. Каждый последующий уровень предполагает выполнение предыдущего, в результате возможно ложное представление о выполнении требований последнего уровня, а значит, и представление о полном соответствии требованиям стандарта. Разработчики уточняют, что именно 4-й уровень показывает, что организация внедрила все требования, предусмотренные стандартом; 5-й уровень необходим для подтверждения факта наличия в организации процедур, предполагающих гарантированное продолжение внедрения и использования требований.

Наименования стандартов приведены на рис. 3. Все стандарты могут быть сгруппированы: 1 стандарт описывает общий контекст инициативы; 2, 3, 4 описывают требования к разработке учебных программ; 5, 6 – к проектной деятельности и рабочему пространству; 7, 8 – к методам, используемым при обучении студентов; 9, 10 – к формам повышения квалификации преподавателей, задействованных в обучении; 11, 12 – к оценке результатов следования программе.

Каждый из стандартов предполагает оценку текущего уровня развития соответствующего направления образовательной деятельности, а также меры, которые должен принять вуз, для того, чтобы соответствовать стандарту CDIO. Ряд требований каждого из стандартов формализован и ограничивает развитие инициативы минимальным уровнем в случае, если руководство вуза не обратилось в ассоциацию CDIO для внедрения подхода. Таким образом, более важной является формализация желания вступить в CDIO по сравнению с реальными наработками, которые уже были сделаны менеджментом образовательной организации. Какую именно процедуру должен пройти вуз в этом случае?

Для вступления в CDIO сообщество образовательная организация должна пройти ряд шагов (рис. 4).

Как видно из рис. 4, вузу необходимо пройти ряд формальных процедур, одна из которых (презентация вуза на конференции CDIO) может быть связана со значительными временными и финансовыми затратами, в то время как формализованная проверка соответствия подходов к образованию стандартам CDIO не проводится. Регистрационный взнос за участие в конферен-

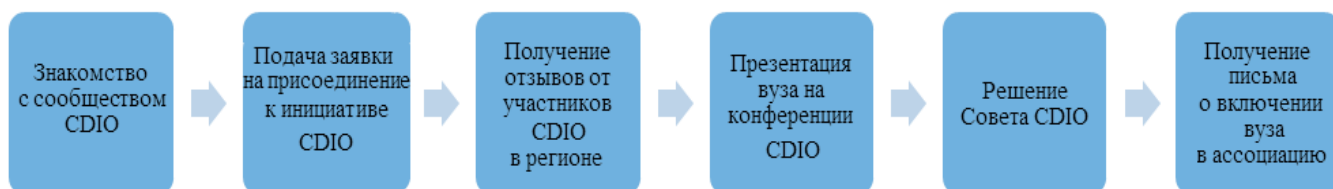


Рисунок 4. Последовательность шагов для вступления в ассоциацию CDIO.

ции составляет 425 €. Поддержка вуза, планирующего попасть в ассоциацию CDIO, со стороны держателей данной инициативы (Агентства национальных инициатив и Сколтеха), в качестве которых они себя позиционировали в 2013 г., не осуществляется. Последняя актуализация информации на сайте cdiorussia.ru датирована 9 июля 2013 г. Сообщество российских вузов, участников ассоциации CDIO, не оформлено. Таким образом, вступление в нее возможно только в рамках собственной инициативы вуза, планирующего стандартизировать свою образовательную деятельность в соответствии с требованиями CDIO. В любом случае приобщение технического вуза к данной инициативе создает добавочную ценность, которая может иметь различный вид, не только стоимостной [15].

Заключение

Таким образом, проведенный автором анализ показал актуальность дальнейших изысканий в области перспектив развития инженерного образования в отечественных технических вузах. Подход CDIO является одним из самых видных воплощений представлений о том, каким должно быть обучение в вузе и с помощью каких инструментов этого можно добиться. В нашей стране интерес научного и педагогического сообществ к CDIO проявляется в большей степени, чем в зарубежных странах (за исключением Китая). Однако, если азиатские исследователи пытаются транслировать свои наработки и исследования в мировую научную среду, то публикации российских исследователей почти все представлены в русскоязычных изданиях.

Несмотря на явную специфику инженерной мысли в России, в научных работах российских ученых и мыслителей существуют отдельные попытки сформулировать свое национальное видение будущего инженерного образования, оформленное в рамках стройной концепции, схожей со CDIO, однако ее продвижение в образовательной среде затруднено и осуществляется в виде отдельных инициатив, как и внедрение CDIO в отечественных технических вузах. Из анализа следует, что без поддержки подобной концепции со стороны государства ее внедрение и развитие в российской образовательной практике будет затруднено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crawley E. F., Brodeur D. R., Soderholm D. H. The education of future aeronautical engineers: Conceiving, designing, implementing and operating // Journal of Science Education and Technology. 2008, 17(2). P. 138–151.
2. Edström K., Kolmos A. PBL and CDIO: Complementary models for engineering education development // European Journal of Engineering Education. 2014. Vol. 39(5). P. 539–555.
3. Lunev. A., Petrova. I., Zaripova. V. Competency-based models of learning for engineers: a comparison // European Journal of Engineering Education. 2013. Vol. 38(5). P. 543–555.
4. Woollacott L. C. Validating the CDIO syllabus for engineering education using the taxonomy of engineering competencies // European Journal of Engineering Education. 2009. Vol. 34(6). P. 545–559.
5. Padfield G. D. Flight handling qualities // Aeronautical Journal. 2006. Vol. 110(1104). P. 73–84.
6. Wang Y., Qi Z., Li Z., Zhang L. Institute-industry interoperation model: An industry-oriented engineering education strategy in China // Asia Pacific Education Review. 2011. Vol. 12(4). P. 665–674.
7. Гафурова Н. В., Осипова С. И. Metallurgical education based on CDIO ideology // Высшее образование в России. 2013. № 12. С. 137–139.
8. 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.
9. Yakovlev A. N., Kostikov K. S., Martyshev N. V., Shepotenko N. A., Falkovich Yu. V. Institute of high technology physics experience in masters of engineering

and doctoral training: the platform for cooperation with Russian and international companies in the domain of material science and physics of high-energy systems // Изв. вузов. Физика. 2012. Т. 55, № 11–3. С. 261–263.

10. Замятина О. М., Мозгалева П. И. Усовершенствование программы элитной технической подготовки: компетентностно-ориентированный подход // Инновации в образовании. 2013. № 10. С. 36–45.
11. Минева О. К., Акмаева Р. И., Усачева Л. В. Реализация стратегии развития университета на основе построения стратегической карты // Вестник СГТУ. 2013. Т. 1, № 1 (69). С. 297–304.
12. Чучалин А. И. Модернизация инженерного образования на основе международных стандартов CDIO // Инженерное образование. 2014. № 16. С. 14–29.
13. Kuptasthien N., Triwanapong S., Kanchana R. Разработка интегрированного учебного плана для программ промышленной инженерии в рамках инициативы CDIO // Инженерное образование. 2014. № 16. С. 30–39.
14. Подлесный С. А., Козлов А. В. CDIO: цели и средства достижения // Инженерное образование. 2014. № 16. С. 9–13.
15. Душин А. В. Некоторые аспекты развития теории ценности // Журнал экономической теории. 2009. № 3. С. 218–222.

REFERENCES

1. Crawley E. F., Brodeur D. R., Soderholm D. H. 2008, The education of future aeronautical engineers: Conceiving, designing, implementing and operating. Journal of Science Education and Technology, no. 17(2), pp. 138–151.
2. Edström K., Kolmos A. 2014, PBL and CDIO: Complementary models for engineering education development. European Journal of Engineering Education, no. 39(5), pp. 539–555.
3. Lunev. A., Petrova. I., Zaripova. V. 2013, Competency-based models of learning for engineers: a comparison. European Journal of Engineering Education, no. 38(5), pp. 543–555.
4. Woollacott L. C. 2009, Validating the CDIO syllabus for engineering education using the taxonomy of engineering competencies. European Journal of Engineering Education, no. 34(6), pp. 545–559.
5. Padfield G. D. 2006, Flight handling qualities. Aeronautical Journal, no. 110(1104), pp. 73–84.
6. Wang Y., Qi Z., Li Z., Zhang L. 2011, Institute-industry interoperation model: An industry-oriented engineering education strategy in China. Asia Pacific Education Review, no. 12(4), pp. 665–674.
7. Gafurova N. V., Osipova S. I. 2013, Metallurgicheskoe obrazovanie na osnove ideologii CDIO [Metallurgical education based on CDIO ideology]. Vysshee obrazovanie v Rossii [Higher Education in Russia], no. 12, pp. 137–139.
8. Chuchalin A. I. 2011, Modernizatsiya bakalavriata v oblasti tekhniki i tekhnologii s uchetom mezhdunarodnykh standartov inzhenernogo obrazovaniya [Modernization of bachelor's degree in engineering and technology taking into account international standards of engineering education]. Vysshee obrazovanie v Rossii [Higher Education in Russia], no. 10, pp. 20–29.
9. Yakovlev A. N., Kostikov K. S., Martyshev N. V., Shepotenko N. A., Falkovich Yu. V. 2012, Institute of high technology physics experience in masters of engineering and doctoral training: the platform for cooperation with Russian and international companies in the domain of material science and physics of high-energy systems. Izv. vuzov. Fizika [Russian Physics Journal], vol. 55, no. 11–3, pp. 261–263.
10. Zamyatina O. M., Mozgaleva P. I. 2013, Usovershenstvovanie programmy elitnoy tekhnicheskoy podgotovki: kompetentnostno-orientirovanny podkhod [Improvement of the program of elite technical training: competence-oriented approach]. Innovatsii v obrazovanii [Innovation in Education], no. 10, pp. 36–45.
11. Mineva O. K., Akmaeva R. I., Usacheva L. V. 2013, Realizatsiya strategii razvitiya universiteta na osnove postroeniya strategicheskoy karty [Implementation of the university development strategy based on the construction of a strategic map]. Vestnik SGTU [Vestnik Saratov State Technical University], vol. 1, no. 1(69), pp. 297–304.
12. Chuchalin A. I. 2014, Modernizatsiya inzhenernogo obrazovaniya na osnove mezhdunarodnykh standartov CDIO [Modernization of engineering education on the basis of international CDIO standards]. Inzhenernoe obrazovanie [Engineering Education], no. 16, pp. 14–29.
13. Kuptasthien N., Triwanapong S., Kanchana R. 2014, Razrabotka integrirovannogo uchebnogo plana dlya program promyshlennoy inzhenerii v ramkakh initsiativy CDIO [Development of an integrated curriculum for industrial engineering programs under the CDIO initiative]. Inzhenernoe obrazovanie [Engineering Education], no. 16, pp. 30–39.
14. Podlesnyy S. A., Kozlov A. V. 2014, CDIO: tseli i sredstva dostizheniya [CDIO: goals and means of achieving]. Inzhenernoe obrazovanie [Engineering Education], no. 16, pp. 9–13.
15. Dushin A. V. 2009, Nekotorye aspekty razvitiya teorii tsennosti [Some aspects of the development of the theory of value]. Zhurnal ekonomicheskoy teorii [Russian Journal of Economic Theory], no. 3, pp. 218–222.

Руслан Алексеевич Долженко,
snurk17@gmail.com
Технический университет УГМК
Россия, Свердловская область,
Верхняя Пышма, Успенский просп., 3

Ruslan Alekseevich Dolzhenko,
snurk17@gmail.com
Technical University of UMMC
Verkhnyaya Pyshma, Russia