



ПРАКТИКА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

DOI 10.20339/AM.06-16.049

А.А. ДОРОФЕЕВ,
д. педагог. н., к. т. н., проф.
кафедры «Ракетные двигатели»
e-mail: a.a.dorofeev@bmstu.ru

Д.А. ЯГОДНИКОВ,
д. т. н., проф., заведующий
кафедрой «Ракетные двигатели»

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
e-mail: daj@bmstu.ru

РУССКАЯ ШКОЛА ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ КАК ОСНОВА МОДЕРНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ИНИЦИАТИВЫ CDIO

Исследована тема инициативы CDIO, оформленной как научное и педагогическое сообщество с целью практической ориентации университетского инженерного образования на подготовку выпускников высших технических учебных заведений в интересах потенциальных работодателей. Представлено описание «русского метода обучения ремеслам инженеров и механиков» (русской инженерной школы), методологически обоснованного и практически реализованного в России в конце XIX столетия. Показано, что опыт русской школы подготовки инженеров как основы модернизации инженерного образования может быть успешно использован в контексте инициативы CDIO. Сделан авторский вывод о возможности и целесообразности использования апробированных отечественной высшей технической школой решений, вписывающихся в контекст реализации указанной инициативы. Обосновано формирование целостного образа профессии с раскрытием роли фундаментальных знаний. Воспитание студента представлено как содействие становлению и саморазвитию социально ответственной личности патриота и гражданина.

Ключевые слова: инженерное образование, русская школа подготовки инженеров, воспитание, модернизация, инициатива CDIO.

RUSSIAN SCHOOL OF TRAINING ENGINEERS AS FUNDAMENT OF MODERNIZATION OF ENGINEERING EDUCATION IN THE CONTEXT OF CDIO INITIATIVE

A.A. Dorofeev is Dr. Sci. in Pedagogy, Cand. of Engineering, prof.; and D.A. Yagodnikov is Dr. Sci. in Engineering, prof., head of sub-faculty at Bauman Moscow State Technical University

Elaborated is the theme of CDIO initiative, formed as scientific and pedagogical community, aimed at practical orientation of university engineering education on training graduates of high technical schools in interests of potential employers. Presented is description of "Russian method of training in crafts engineers and technics" (Russian engineering school), methodologically substantiated and practically realized in Russia at the end of 19th century. Shown is, that experience of Russian school of training engineers as fundament of modernization of engineering education could successfully be used in the context of CDIO initiative. The author's conclusion is made about possibility and expediency of using approbated by national higher technical decisions, inscribing into the context of the named initiative. Holistic image of profession with reveal of the role of background knowledge is proven. Mentoring of a student is shown as a contribution in establishing and self-development of social responsible individual, patriot and citizen.

Key words: engineering education, Russian school of engineering education, mentoring, modernization, CDIO initiative.

Разработка инициативы CDIO¹ началась в конце 1990-х гг. и оформилось как научно-педагогическое сообщество в 2000 г. в США с целью практической ориентации университетского инженерного образования и подготовки выпускников высших технических учебных заведений на интересы потенциальных работодателей. В связи с этим необходимо отметить, что подготовка ин-

женеров, способных решать практические задачи экономики, была методологически обоснована и реализована в виде «русского метода обучения ремеслам инженеров и механиков» в конце XIX в. в Императорском московском техническом училище – ныне МГТУ им. Н.Э. Баумана².

¹ Conceive, Design, Implement, Operate.

² Научные школы МГТУ имени Н.Э. Баумана. История развития. – М., 2005.
Scientific schools of MGTU. History of development. Moscow, 2005.

Инициатива CDIO и отечественный опыт подготовки инженеров

Практически полное раскрытие инициативы *CDIO* версии 2.0 вплоть до макетов документов образовательной технологии *CDIO Syllabus 2.0*, *CDIO Standards 2.0* и конкретных примеров реализации в зарубежных вузах [1], а также анализ работ [2–3] и распространяющаяся практика применения в частности в России позволяют отнести саму инициативу к пригодным, удачным методикам упорядочения и системного обобщения мирового опыта инженерного образования применительно к актуальной задаче подготовки инженеров, способных к инновационной устойчивой деятельности.

Представляется важным отмеченная основными разработчиками инициативы *CDIO*, преимущественно педагогами-практиками с многолетним опытом работы в ведущих инженерных вузах мира, деятельностная основа инициативы, состоящая в интеграции зарубежного по отношению к России опыта. При этом преимущество выражается в применении в работе [1] понятийного аппарата и терминологии, традиционных для инженерной педагогики последней четверти XX в. Это делает инициативу *CDIO* понятной, дружественной опытным педагогам-практикам как носителям и интерпретаторам опыта, выступающего базой модернизации.

Авторы инициативы не упоминают об опыте русской школы подготовки инженеров. Близкими нашему пониманию сути качественного университетского инженерного образования представляются утверждения о потребности «студентов в приобретении прочной научной основы, базовых инженерных знаний и аналитических навыков, о том, что глубокие фундаментальные знания по-прежнему остаются наиболее важным преимуществом подготовки инженеров в университете», а также и о том, что «мастерски спланированные и прочитанные лекции – превосходный метод обучения». Таковые «все еще необходимы», тем более с оговоркой-максимой от М. Гелл-Манна: «Нам нужно уходить от мудреца на сцене к гиду, стоящему в стороне» [1. С. 14–15].

Сходство или аналогичность актуальных задач, решаемых отечественной и зарубежными системами инженерного образования, выражается, в частности, в значительном совпадении требований к результатам обучения *CDIO* и критериев Ассоциации инженерного образования России (АИОР) [1. С. 126–129]. Таковые имеют черты русской школы подготовки инженеров [4–7], уже апробировавшей многие решения, предлагаемые инициативой *CDIO* [1–3].

В этом отношении неотъемлемой частью мирового опыта подготовки инженеров являются достижения российских инженерных вузов, которые могут и должны учитываться в процессе модернизации инженерного образования в России, во многом соответствующей методике *CDIO*. Такая возможность обеспечена достаточно подробным отражением в научно-педагогической и учебно-методической литературе [8–9] и документированием обоснования принятых и отработанных на пра-

ктике решений в области отечественного инженерного образования [10–11].

Базовое положение инициативы *CDIO* состоит в целевом формировании профессиональной компетентности студентов в процессе их учебной проектно-внедренческой деятельности, проходящей в среде, моделирующей «рабочее пространство для инженерной деятельности» [1. С. 212]. Это лежит в основе отечественной школы подготовки инженеров по рекомендациям включения в программу подготовки не менее 2-х курсовых проектов по общеинженерным дисциплинам и до 2–3-х проектов по дисциплинам специальности [10. С. 93–97]. Все это апробировано широкой практикой и сохранилось как метод проектов в современных образовательных технологиях.

Например, для одного из вариантов учебного плана направления подготовки, рассмотренного в [2], это последовательно:

- ♦ курсовые работы по механике жидкости и газа (инженерной гидравлике) в 4-м семестре и теории машин и механизмов (5-й семестр) как предшественники первого инженерного курсового проекта по деталям машин в 6-м семестре, за которым следует отражающий научную, изыскательную фазу проектирования ракетного двигателя курсовой проект, задающий контекст с изучаемой одновременно общей теорией двигателей;
- ♦ далее следуют курсовые проекты по разработке турбонасосных агрегатов (в 8-м семестре), а в 9-м семестре – проектирование технологии изготовления характерных узлов и деталей ракетных двигателей;
- ♦ в 10-м семестре студенты проектируют собственно камеру ракетного двигателя, которую вписывают в систему питания и регулирования, разрабатываемые при выполнении курсовой работы в 11-м семестре.

Квалификационная работа в заключительном, 12-м семестре – дипломный проект, включающий все характерные фазы жизненного цикла проектируемого изделия (планирование, проектирование, производство, применение, т.е. эксплуатация), причем в их системном единстве при более детальной проработке, чем по *CDIO*, вопросов технологии изготовления и экологической безопасности. При этом если учебный процесс организован по интегральной схеме, например, с распределенной научно-производственной практикой на базовом предприятии-заказчике [5–7], то учебное проектирование (нередко по актуальной производственной проблематике) ведется непосредственно на предприятии в промышленной информационной среде с использованием реального инструментария при консультации одновременно и преподавателями и ведущими специалистами-практиками, т.е. принцип *CDIO* – обучение в «рабочем пространстве для инженерной деятельности» – в полной мере успешно реализуется в отечественном инженерном образовании уже не один десяток лет.

Формирование картины будущей профессиональной деятельности

Что касается «проектно-внедренческой деятельности студентов на ранних этапах обучения» [1. С. 223–229], то

для наукоемких инженерных специальностей, ориентированных на разработку объектов, подпадающих под действие стандартов ЕСКД и ЕСТД, таковая представляется проблематичной из-за отсутствия у студентов необходимой научной базы.

Функции инициирования, поддержания мотивации изучения студентами дисциплин фундаментального цикла призвана выполнять традиционная для большинства отечественных инженерных вузов дисциплина «Введение в специальность», в которую входит изучение на доступном первокурсникам уровне передовых инженерных решений – образцов техники мирового уровня, по возможности в исторической ретроспективе, что практически возможно в ходе посещения демонстрационных залов ведущих предприятий – разработчиков инновационной техники.

Это призвано способствовать формированию у студента картины будущей профессиональной деятельности и интереса к ней через целенаправленное восприятие (возможно, первых, зрительных и слуховых) тактильных инженерно ориентированных впечатлений (с возможностью импрессионного как некоторого аналога импринтинга с устойчивым запечатлением даже при разовом восприятии) в качестве доступного творческой обработке целостного образа, необходимого для инсайта – постижения, взятия, прорывного решения инженерной проблемы как целого [9].

Представляется безусловно полезным теоретически укрупненное системное описание объекта будущей инженерной деятельности в целом в пропедевтической учебной дисциплине, задающей таким образом как структурно-содержательную основу профессиональной части учебного плана, так и базовый тезаурус профессиональной области [2], что для студентов становится смысловой основой мотивации освоения учебных дисциплин.

Практическая направленность обучения в целом при сохранении традиционной для отечественных ведущих вузов доли фундаментальных знаний подчеркивается включением в программу семинарских занятий и контрольно-измерительные и контрольно-диагностирующие материалы (КИМ и КДМ) практически всех дисциплин учебного плана заданий, сформулированных в понятийном аппарате профессиональной инженерной области, по возможности с привлечением параметров и характеристик реальных технических устройств. Это так называемый кейс-метод формулирования задачи с исходными данными с элементами избыточности и дефицита информации [2].

Представляется существенным, что в инициативе *CDIO* [1], как и традициях отечественного высшего технического образования [12], знания, умения и навыки (ЗУН) выступают необходимыми компонентами профессиональных компетентностей. Таковые возникают в процессе их становления в деятельностном интегрировании ЗУН в учебной или практической исследовательской и / или проектной деятельности, приближающихся по существенным характеристикам к реальной научно-производственной работе [2; 5–7].

Контроль ЗУН является здесь приемом обеспечения должного качества конечного результата – профессиональной компетентности через гарантированное удовлетворение требований к результатам промежуточных этапов образовательной технологии. Оценка учебного по целям проектирования – курсового и выпускного, дипломного проекта или магистерской диссертации – выступает в качестве итогового контроля, адекватность которого повышается приближением задания на исследование («образование на основе науки») [4; 12] или инновационное проектирование к реальным результатам проектирования в промышленной среде либо учебном пространстве, идентичному промышленной среде по профессиональному инструментарию и информационному обеспечению [2; 5–7].

Аналогично изменениям в отечественных науке и промышленности в первые десятилетия после победного окончания Великой Отечественной войны [10. С. 91–97] динамика современного развития инженерного деятельностного пространства, обоснованно отмеченная *CDIO* как существенный фактор [1. С. 131, 410, 429]), объективно обусловила модернизацию подготовки инженеров при непосредственном участии предприятий как заказчиков и соисполнителей, активно участвующих в образовательном процессе, в частности, на этапе формулирования требований к показателям качества подготовленности инженеров, их профессиональной компетентности [5–7].

При этом, в нашем понимании, важно изучение базовой компоненты специальности (профиля, направления подготовки, специализации) – так называемого динамического инварианта дисциплины [11]. Таковы сведения, которые невозможно опровергнуть, но можно уточнить применением более точных, более сложных моделей, доступных для понимания и применения подготовленному специалисту (бакалавру, магистру) – при том, что, по экспертным оценкам, даже для динамично развивающихся инженерных областей обновляется с периодом полураспада в несколько лет не более пятой части всех существенных знаний (частный случай – правило 20/80 или «закон Парето»).

Требования *CDIO* к инновационному «интегрированному учебному плану» [1. С. 35] вполне соответствуют традициям русской школы подготовки инженеров в части системного подхода к проектированию учебной технологии практически по всем компонентам. Это зафиксировано в методических рекомендациях и директивах начиная с послевоенных лет [10. С. 91–97] и [8. С. 164, 172, 180], а также основополагающими образовательными стандартами [4; 12], исключая воспитательную компоненту, которой, в отличие от *CDIO*, в отечественной высшей технической школе придается особое значение.

Наше понимание воспитания как компоненты инженерного образования включает содействие становлению, инициативному саморазвитию личности как человека и гражданина готового, «опираясь на волю, труд, целеустремленность и товарищество, профессиональную культуру, творчество и ответственность, служить Отечеству, приумножая его величие и процветание, спо-

собствуя обеспечению могущества, обороноспособности и безопасности страны» [12].

Заключение

В качестве выводов из сказанного представляется возможным и целесообразным рекомендовать как апробированные отечественной технической высшей школой следующие решения, вписывающиеся в контекст инициативы *CDIO* и повышающие эффективность ее реализации:

- ♦ включить (или вернуть, поскольку она была ранее) в учебные планы для изучения на первом курсе дисциплину «Введение в специальность» с функцией формирования у студента целостного, доступного творческому восприятию образа будущей профессиональной деятельности, включая раскрытие в ней функции и значимость знаний, получаемых при изучении фундаментальных и общеинженерных дисциплин. Причем изучение дисциплин специальности (направления подготовки) желательно предварить пропедевтической дисциплиной – курсом, задающим когнитивно обусловленную структурно-содержательную основу приобретаемых в последующем профессионально значимых знаний и компетенций, а также базовый тезаурус профессиональной области;
- ♦ ввести в КИМ и КДМ дисциплин фундаментального и общеинженерного циклов, а также в дисциплины специальности (направления, профиля) задания

с практическим ситуационным содержанием (кейсы-формы), сформулированные в понятийном аппарате и терминах профессиональной области;

- ♦ рассматривать приобретаемые ЗУН применительно ко всем участкам образовательной технологии как необходимые интегрируемые компоненты профессиональных компетенций, формируемых преимущественно в процессе учебных и практических научных исследований, курсового проектирования (курсовых работ) и итоговой квалификационной работы (дипломного проекта или магистерской диссертации), выполняемых в инструментально-информационной среде, приближенной к среде профессиональной по существенным характеристикам.

При этом динамический инвариант учебных дисциплин, критерии и показатели качества образовательного процесса как атрибуты образовательной технологии вырабатываются и принимаются совместно представителями вуза и промышленности на основе полной характеристики планируемой или возможной профессиональной деятельности инженера. Воспитательная компонента образования как содействие становлению и саморазвитию личности реализуется в процессе освоения инженерных дисциплин специальности (профиля, направления подготовки), преподавания, общения раскрытием цивилизационного интернационального масштаба инженерии, подчеркиванием ответственного личностного вклада выдающихся иностранных и отечественных инженеров – разработчиков инновационной техники, в т.ч. воспитанников данного вуза, их патриотизма и интернационализма.

Литература

1. Переосмысление инженерного образования. Подход *CDIO*. – М., 2015.
2. Дорофеев А.А. Системные функции пропедевтики и опыт их реализации в образовательном стандарте, упредившем «Всемирную инициативу *CDIO*» // *Alma mater* (Вестник высшей школы). – 2014. – № 7. – С. 22–25.
3. Никифоров В.И., Черненко Л.В. «Всемирная инициатива *CDIO*» в российском образовании // *Alma mater* (Вестник высшей школы). – 2015. – № 3. – С. 8–12.
4. Александров А.А., Федорова И.Б., Медведев В.Е. Инженерное образование сегодня: проблемы и решения // *Высшее образование в России*. – 2013. – № 12. – С. 3–8.
5. Дорофеев А.А., Лукьяшко А.В. Кадровые потребности производства ракетно-космической техники и варианты модернизации высшего технического образования // *Полет*. – 2010. – № 1. – С. 52–56.
6. Дорофеев А.А., Комаров М.А. Целевая подготовка инженеров на факультетах при ведущих предприятиях ракетно-космической отрасли и реформирование российского высшего технического образования // *Полет*. – 2013. – № 12. – С. 48–53.
7. [URL]: <http://technomag.bmstu.ru/doc/699795.html>
8. Татур Ю.Г. Образовательный процесс в вузе. Методология и опыт проектирования. – М., 2005.
9. Добряков А.А. Психолого-педагогические основы подготовки элитных специалистов как творческих личностей (содержательные элементы субъект-объектной педагогической технологии). – М., 2001.
10. Высшая школа. Сборник основных постановлений, приказов и инструкций. – М., 1965.
11. Дорофеев А.А. Учебная литература по инженерным дисциплинам: системная дидактика, методика и практика проектирования. – М., 2012.
12. Александров А.А., Коршунов С.В., Цветков Ю.Б. Образовательные стандарты МГТУ им. Н.Э. Баумана – новое качество инженерного образования // *Наука и образование*. – 2014. – № 12. – С. 128–136.

References

1. Re-thinking of engineering education. *CDIO* approach. Moscow, 2015.
2. Dorofeev, A.A. System functions of propedeutics and experience in their realization in educational standard, forestalling the “World initiative *CDIO*”. *Alma mater (Vestnik vysshei shkoly)*. 2014, no. 7, pp. 22–25.
3. Nikiforov, V.I., Chernenkaya, L.V. “World initiative *CDIO*” in Russian education. *Alma mater (Vestnik vysshei shkoly)*, 2015, no. 3, pp. 8–12.
4. Alexandrov, A.A., Fedorov, I.B., Medvedev, V.E. Engineering education today: problems and solutions. *Higher education in Russia*, 2013, no. 12, pp. 3–8.
5. Dorofeev, A.A., Luk'yashko, A.V. Personnel needs in production of rocket cosmic technique and variants of modernization of higher technical education. *Polyot*, 2010, no. 1, pp. 52–56.
6. Dorofeev, A.A., Komarov, M.A. Special purpose training of engineers at faculties by leading enterprises of rocket cosmic industry and reforming of Russian higher technical education. *Polyot*, 2013, no. 12, pp. 48–53.
7. [URL]: <http://technomag.bmstu.ru/doc/699795.html>
8. Tatur, Yu.G. Educational process at high school. Methodology and experience in projecting. Moscow, 2005.
9. Dobryakov, A.A. Psychological pedagogical fundamentals of training elite specialists as creative persons (content elements of subject-object pedagogical technology). Moscow, 2001.
10. High school. Collection of basic resolutions, orders and instructions. Moscow, 1965.
11. Dorofeev, A.A. Educational literature in engineering disciplines: system didactic, methodic and practice of projecting. Moscow, 2012.
12. Alexandrov, A.A., Korshunov, S.V., Tsvetkov, Yu.B. Educational standards of MGTU as new quality of engineering education. *Science and education*, 2014, no. 12, pp. 128–136.