

ИДЕОЛОГИЯ CDIO В ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

ВАЙНШТЕЙН Юлия Владимировна – канд. техн. наук, доцент, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск. E-mail: julia_ww@mail.ru

ШЕРШНЕВА Виктория Анатольевна – д-р пед. наук, профессор, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск. E-mail: vshershneva@yandex.ru

САФОНОВ Константин Владимирович – д-р физ.-мат. наук, профессор, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск. E-mail: safonovkv@rambler.ru

***Аннотация.** Предлагается решение проблемы повышения качества математического образования будущих бакалавров инженерных направлений подготовки. Изучается влияние, которое оказывает идеология CDIO на обучение математическим дисциплинам студентов инженерного вуза, в частности, указано, какие акценты с позиций международных стандартов CDIO необходимо расставить при реализации концепции обучения математике на основе полипарадигмального подхода, отвечающего требованиям стандартов ФГОС ВО 3+. Пробелы при определении качества математической подготовки будущих бакалавров инженерных направлений, возникшие в стандартах ФГОС ВО 3+, предложено заполнить дополнительными компетенциями, разработанными на основе стандартов инициативы CDIO. Показано, какие особенности в рамках идеологии CDIO должны иметь контекстное обучение, междисциплинарная интеграция, проектно-внедренческая и рефлексивно-оценочная деятельность студентов, их командная работа в процессе обучения математическим дисциплинам в условиях использования модульной веб-ориентированной обучающей среды Moodle.*

***Ключевые слова:** качество инженерного образования, всемирная инициатива CDIO, обучение математике, компетентностный подход, полипарадигмальный подход, кластер компетенций, проектно-внедренческая деятельность, командная работа*

***Для цитирования:** Вайнштейн Ю.В., Шершнева В.А., Сафонов К.В. Идеология CDIO в обучении математике // Высшее образование в России. 2016. № 2 (198). С. 75–82.*

В преамбуле проекта «Развитие инженерного образования», осуществляемого Министерством образования и науки России с 2015 г., указано: «Инженерное образование сегодня – один из приоритетов государственной политики в образовательной сфере, отражающий необходимость технологического перевооружения российских производств, создания соответствующего кадрового обеспечения промышленности... В настоящее время проблема количественного дефицита инженерных кадров решена. Министерство на протяжении послед-

них трех лет проводит поступательную политику по развитию качества инженерного образования»¹.

Решить проблему повышения качества инженерного образования непросто. Специфика инженерной деятельности, связанной со сложной техникой и технологиями, их быстрым обновлением, определяет повышенные требования к математической компетентности студентов технического вуза. Эти требования еще более актуализируются благодаря стремительному развитию компьютерной техники и информа-

¹ Развитие инженерного образования. URL: <http://минобрнауки.рф/projects/развитие-инженерного-образования/>

ционно-коммуникационных технологий (ИКТ), которые многократно повышают эффективность математических методов в инженерных расчетах. В этих условиях математическая компетентность выпускника становится базовой составляющей его профессиональной компетентности.

Современная концепция обучения математике в инженерном вузе основана на полипарадигмальной методологии, предполагающей открытый непротиворечивый кластер педагогических подходов. Суть её состоит в комплексном, оптимальном использовании подходов, имеющих различный дидактический потенциал: компетентностного, определяющего цель и результаты обучения, а также контекстного, междисциплинарного, предметно-информационного [1]. Открытость данного кластера понимается в том смысле, что преподаватель может использовать и другие подходы, способствующие достижению задач компетентностного подхода в соответствии с требованиями стандартов ФГОС ВПО и ФГОС ВО 3+.

В целях повышения качества инженерного образования международное образовательное сообщество в 2000 г. приступило к реализации проекта, названного инициативой CDIO. Значительная часть российского образовательного сообщества присоединилась к проекту, рекомендуя наряду с ФГОС ВО 3+ ориентироваться также и на стандарты CDIO [2]. В настоящее время в реализацию CDIO вовлечены более 125 вузов, из них 12 российских. В основу идеологии CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate – Планировать, Проектировать, Производить, Применять) заложена универсальная модель освоения образовательных программ в области техники и технологий. Цель CDIO состоит в том, чтобы выпускник вуза был способен создавать новые продукты или инновационные технические идеи, осуществлять конструкторские работы и внедрять результаты в производство. Направленность этого между-

народного проекта – профессионально-практическая, способствующая устранению противоречий между теорией и практикой в инженерном образовании, а главное его достоинство – системная интеграция существующих образовательных технологий с инженерными задачами в контексте модели жизненного цикла технической продукции, систем и технологий.

В данном контексте представляется весьма важным определить, какие акценты с позиций международных стандартов CDIO необходимо расставить при реализации концепции обучения математике на основе полипарадигмального подхода, отвечающего требованиям стандартов ФГОС ВПО и ФГОС ВО 3+. Рассмотрим такие востребованные направления инженерной подготовки, как «Информатика и вычислительная техника» и «Программная инженерия».

Прежде всего, следует отметить, что при переходе к стандартам ФГОС ВО 3+ ситуация с пониманием целей математической подготовки усложняется. Анализ стандарта для направления подготовки бакалавров «Программная инженерия» и проекта стандарта для направления «Информатика и вычислительная техника» показывает, что предусмотренные в них компетенции, в отличие от стандартов ФГОС ВПО, не содержат упоминаний о способности бакалавра применять знания по математическим и другим естественнонаучным дисциплинам в будущей профессиональной деятельности («способность использовать философские, правовые и экономические знания» зафиксирована). Между тем в стандартах подготовки магистров по этим направлениям компетенции, связанные с применением математических знаний, четко сформулированы. Но ведь формирование математической компетентности начинается на уровне бакалавриата! На формирование каких же компетенций должно быть направлено обучение математике будущих бакалавров для того, чтобы обеспечить преимущен-

ность и высокое качество математической подготовки в магистратуре, предусмотренное стандартами ФГОС ВО 3+?

На наш взгляд, было бы логичным дополнить стандарты подготовки бакалавра промежуточными ориентирами, позволяющими подготовить основу для дальнейшего развития математической компетентности. Обосновать промежуточные ориентиры можно на основе положений стандартов CDIO. Так, дополнение матрицы компетенций можно осуществить с учетом “результатов” CDIO Syllabus версии 2.0, которые, представляя краткое содержание инженерного образования, выражают “способность выпускников к комплексной инженерной деятельности”: планированию, проектированию, производству, применению инженерных продуктов, процессов и систем в современной среде, основанной на командной работе специалистов [3].

В рамках CDIO контекст инженерного образования задаётся двенадцатью стандартами (табл. 1), определяющими специальные требования к образовательным программам [4]. Анализ этих стандартов и существующего опыта их использования при проектировании обучения математике [4–7] позволяет сделать вывод о том, что концепция обучения математике в инженерном вузе на основе полипарадигмального подхода при ведущей роли компетентностного

подхода в целом соответствует идеологии CDIO.

Для того чтобы сделать наше рассмотрение более конкретным, ограничимся дисциплиной «Дискретная математика». Идеологию CDIO в ней можно реализовать наиболее полно, если раскрывать прикладную значимость изучаемых объектов и их свойств, последовательно проводя содержательно-методическую линию обучения, в соответствии с которой дискретная математика рассматривается как метаязык, на котором говорит современная компьютерная наука: теоретико-множественные, комбинаторные и алгоритмические методы широко используются при решении научно-практических задач обработки и анализа дискретной информации.

Планируемые результаты обучения дискретной математике представлены кластерами общепрофессиональных, профессиональных и общекультурных компетенций, которые сформулированы в терминах ФГОС ВО 3+ и дополнены промежуточными ориентирами, выработанными на основе ряда “результатов” CDIO Syllabus версии 2.01.

Рассмотрим компетенции, которыми мы дополняем кластер общепрофессиональных компетенций, определенных в ФГОС ВО 3+ для уровня бакалавриата. Так, имея в виду такие личностные и профессиональ-

Таблица 1

Стандарты CDIO

№	Наименование стандарта	Назначение
1	CDIO как контекст инженерного образования	Описание общей философии образовательных программ и учебных планов
2	Результаты обучения CDIO	
3	Интегрированный учебный план	
4	Введение в инженерную деятельность	
5	Опыт ведения проектно-внедренческой деятельности	Организация образовательного процесса, основанного на активизации учебной деятельности
6	Рабочее пространство для инженерной деятельности	
7	Интегрированное обучение	
8	Активные методы обучения	
9	Совершенствование CDIO-компетенций преподавателей	Повышение квалификации профессорско-преподавательского состава
10	Совершенствование педагогических компетенций преподавателей	
11	Оценка обучения	Аудит и оценка программ и успеваемости студентов
12	Оценка программы	

ные навыки и качества (*Personal and Professional Skills and Attributes*), заявленные в качестве “результатов” CDIO Syllabus v2.01, как *Experimentation, Investigation and Knowledge Discovery*, а также *Critical Thinking*, в кластер была добавлена компетенция «способность проверять гипотезы и выводы, а также выявлять противоречивые утверждения, факты, логические несоответствия». Учитывая важную роль в процессе инженерной подготовки “результатов” CDIO Syllabus, связанных с *задумкой, проектированием, реализацией и управлением системами на предприятии и в обществе (Conceiving, Designing, Implementing, and Operating Systems in the Enterprise, Societal and Environmental Context)* в условиях *эффективной работы и общения в коллективе (Teamwork and Communication)*, данный кластер расширен такой компетенцией, как «умение формировать эффективный коллектив и управлять им, применяя знания математических дисциплин при создании продуктов и систем на всех этапах их жизненного цикла».

В итоге кластер общепрофессиональных компетенций был дополнен компетенциями, которые позволят студенту использовать математический аппарат при решении профессиональных задач и осуществлении проектно-исследовательской деятельности, в том числе в условиях командной работы.

На основе “результатов” CDIO, таких как *инженерное мышление и способность решать задачи (Analytic Reasoning and Problem Solving)*, *формулирование гипотезы (Hypothesis Formulation)*, *анализ печатной и электронной литературы (Survey of Print and Electronic Literature)*, кластер профессиональных компетенций дополнен компетенциями, направленными на развитие способностей «разрабатывать математические модели компонентов средств вычислительной техники и автоматизированных систем, выявлять актуальные вопросы для анализа и формирования гипотез,

проводить анализ печатной и электронной литературы, классифицировать первичную информацию, оценивая ее качество и надежность».

Кластер общекультурных компетенций по результатам анализа ФГОС ВО 3+ и CDIO Syllabus дополнен следующими: «способность выстраивать логические, убедительные доводы, создавать логичную связь между идеями, подбирать подходящие, надежные, точные и убедительные доказательства при коммуникации»; «умение брать на себя лидерство в новых начинаниях и рационально действовать»; «способность работать самостоятельно, проявлять энтузиазм и заинтересованность, осознавать важность упорной и интенсивной работы»; «понимание своих способностей, навыков, умений, а также ответственности за самосовершенствование».

Для курса дискретной математики важно подбирать адекватные целям CDIO математические прикладные и профессионально направленные задачи [8], позволяющие реализовывать главный принцип CDIO – создание продуктов и систем на всех этапах жизненного цикла. Так, при решении задач следует сделать акцент на развитии умений ставить задачи (в идеологии CDIO – стадия осмысления и планирования), производить выбор метода решения (стадия проектирования), осуществлять решение задачи (стадия производства), анализ решения и построение выводов (стадия применения). Формируемые способности решения задач начиная от постановки до анализа решения согласуются с принципами CDIO, повышая, как отмечено выше, конкурентоспособность выпускников.

Известно, какую важную роль играют сегодня образовательные технологии активного обучения математике, прежде всего – контекстное обучение, в котором моделируется профессиональный и социальный контекст будущей инженерной деятельности. В соответствии с идеологией CDIO в контекстном обучении математике

следует уделять внимание развитию аналитического и критического мышления студентов, их готовности проявлять инициативу, принимать самостоятельные решения, брать на себя ответственность, решать психологические проблемы в общении. В контекстном обучении, которое осуществляется в рамках полипарадигмального подхода с учетом идеологии CDIO, следует отдавать предпочтение таким прикладным и профессионально направленным математическим задачам, в которых студенты развивают следующие умения: анализировать условие, формулировать задачу на языке математики (стадия осмысления и планирования), выбирать метод решения (стадия проектирования), решать задачу с использованием математических знаний (стадия производства), анализировать и интерпретировать решение, делать выводы (стадия применения).

Важным методом обучения, обеспечивающим подготовку выпускников, способных быстро включиться в производство и приступить к практической деятельности, является метод проектов, в рамках которого осуществляется базовая проектно-внедренческая деятельность. Проектная работа, реализуемая уже на ранней стадии обучения, формирует готовность к решению реальных практических задач, способность интегрированного использования знаний и навыков по дискретной математике, а также ранее изученных и параллельных дисциплин, готовность к самостоятельному приобретению знаний. Метод проектов, являясь универсальным методом обучения, способствует формированию всего комплекса компетенций, необходимых будущим инженерам. В этом методе происходит интеграция математических дисциплин с информатикой, физикой, программированием, алгоритмами и структурами данных, введением в инженерную деятельность, обеспечивая «осязаемость»

результатов проекта, и реализуется цепочка идеологии CDIO «Планировать – Проектировать – Производить – Применять».

В отличие от традиционного знаниевого подхода, в рамках проектной и самостоятельной работы используется командная форма работы. Студентам при выполнении заданий предоставляется достаточная свобода действий: нет жесткого алгоритма работы, устанавливаются лишь этапы и сроки выполнения работы. Ответственность возлагается на студентов – членов команды. Обязанности коллектив распределяет самостоятельно так, чтобы обеспечить загрузку всех его участников.

Фонд оценочных средств по дискретной математике, разработанный с учетом идеологии CDIO, включает основные и косвенные оценочные средства. Основные служат для оценивания уровня предметных знаний, умений, владений; косвенные позволяют оценить сформированность определенных компетенций. По этой причине, наряду с традиционными контрольно-измерительными материалами – контрольными работами и тестами, – фонд оценочных средств включает вопросы для проведения регулярных опросов, темы докладов, сообщений, эссе и проектные задания. Важным является включение студентов в оценочную деятельность, например, в опросы, направленные на повышение качества преподавания и способствующие формированию мотивационно-ценностного отношения к математическим знаниям, например «Muddy cards»².

Особенностью обучения дискретной математике с учетом идеологии CDIO является применение электронных образовательных ресурсов по дисциплине, разработанных на основе модульной веб-ориентированной обучающей среды Moodle (<http://e.sfu-kras.ru>), используемой в Сибирском федеральном университете для разработки дистанционных образовательных курсов

² Международная инициатива CDIO. URL: <http://www.cdio.org>

и онлайн-компонентов дисциплин [9]. Сегодня активное применение электронных образовательных ресурсов в обучении современного «цифрового поколения», живущего в мире электронной культуры, – это необходимый и неотъемлемый элемент образовательного процесса. Помимо традиционных элементов электронного обучающегося ресурса, курс дискретной математики содержит: разнообразные анкеты для учета мнения студентов и организации рефлексии при обучении математическим дисциплинам, элементы реализации индивидуальной и командной проектной деятельности в электронной среде, включающие совместные модули Вики (wiki) для формирования плана работ по проектам и командной работы над отчетами, онлайн-компоненты для рецензирования отдельных этапов выполнения проекта (несколько типов оценок: оценки от преподавателя и студентов) и представления результатов, форум для обмена практическим опытом.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы. Проблемы при определении качества математической подготовки будущих бакалавров инженерных направлений, возникшие при переходе от стандартов ФГОС ВПО к стандартам ФГОС ВО 3+, предлагается заполнить дополнительными компетенциями, разработанными на основе анализа стандартов CDIO. Целенаправленно формируя описанные выше компетенции, можно повысить качество математической подготовки бакалавров, обеспечив результативное изучение ими математических дисциплин в магистратуре.

Идеология CDIO предъявляет дополнительные требования к междисциплинарной интеграции математических дисциплин с «Информатикой», «Физикой», «Программированием», «Алгоритмами и структурами данных», «Введением в инженерную деятельность» и др. Такая интеграция реализует цепочку идеологии CDIO: «Планировать – Проектировать – Производить –

Применять». На этапе планирования курса по дисциплине «Дискретная математика» с применением знаний по дисциплинам-предреквизитам следует уделять внимание постановке задачи и построению ее математической модели. В целях повышения качества математической подготовки следует внедрять элементы проектно-внедренческой деятельности в сам процесс обучения математическим дисциплинам. С позиций идеологии CDIO роль метода проектов в обучении математике повышается. При этом этап применения математических знаний целесообразно проводить в виде публичной защиты проектов по курсу «Введение в инженерную деятельность».

Учет идеологии CDIO актуализирует включение студентов в рефлексивно-оценочную деятельность. Повышается важность проведения опросов, направленных на повышение качества обучения, а также разработки электронных образовательных ресурсов по дисциплине, которые позволяют преподавателю оперативно оценивать учебные результаты, а студенту дают возможность самооценки с помощью средств, размещенных в личностно-ориентированной образовательной среде.

Опыт обучения математическим дисциплинам, полученный в Институте космических и информационных технологий СФУ, показывает, что концепция полипарадигмального подхода, отвечающая требованиям стандартов, уточненная и расширенная с позиций идеологии CDIO, позволяет эффективно формировать математическую компетентность студентов.

Литература

1. Шершнева В.А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза // Педагогика. 2014. № 5. С. 62–67.
2. Иванов В.Г., Кондратьев В.В., Кайбияйнен А.А. Современные проблемы инженерного образования: итоги международных конференций и научной школы //

- Высшее образование в России. 2013. № 12. С. 66–77.
3. Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2011. 22 с.
 4. Международный семинар по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования «Всемирная инициатива CDIO»: Материалы для участников семинара (Пер. С.В. Шикалова) / Под ред. Н.М. Золотаревой и А.Ю. Умарова. М.: Изд. дом МИСиС, 2011. 60 с.
 5. Осипова С.И., Осипов В.М. Потенциал математических дисциплин в формировании проектировочно-внедренческой компетентности бакалавров // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. С. 2286–2289.
 6. Гафурова Н.В., Осипова С.И. Металлургическое образование на основе идеологии CDIO // Высшее образование в России. 2013. № 12. С. 137–139.
 7. Бутакова С.М., Братухина Н.А., Арасланова М.Н. и др. Проектирование образовательного процесса по математике в контексте стандартов CDIO // Фундаментальные исследования. 2014. № 6. С. 1497–1503.
 8. Карнаухова О.А., Шершнева В.А. Сборник прикладных задач по математике: Учебное пособие. Изд. 2-е испр. и доп. Красноярск: СФУ, 2011. 212 с.
 9. Зыкова Т.В., Сидорова Т.В., Шершнева В.А. и др. Опыт использования веб-ориентированной среды MOODLE в обучении математике студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода // Информатика и образование. 2013. № 5 (244). С. 37–40.
- Статья поступила в редакцию 05.01.16.

CDIO IDEOLOGY IN MATH TRAINING

VAINSHTEIN Yuliya V. – Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., The Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: julia_ww@mail.ru

SHERSHNEVA Viktoriya A. – Dr. Sc. (Pedagogy), Prof., The Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: vshershneva@yandex.ru

SAFONOV Konstantin V. – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., The Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: safonovkv@rambler.ru

Abstract. The article presents the methods to improve the quality of mathematics education of future bachelors of engineering majors. The influence of CDIO ideology on teaching engineering students mathematical disciplines is analyzed. The authors put the main emphasis on teaching mathematics from the standpoint of world standards CDIO basing on polyparadigmal approach, which complies with the Federal state educational standard of higher education. It is offered to fill the gaps in determining the quality of mathematical preparation of future bachelors of engineering majors in the federal state educational standards of higher education with additional competencies based on CDIO ideology. The authors dwell on the features of context education, interdisciplinary integration, project implementation, activities students, reflective and evaluative students' activities, teamwork in math learning in an electronic environment Moodle within CDIO ideology.

Keywords: engineering education, CDIO ideology, math training, competence approach, polyparadigmal approach, competence cluster, project implementation activities, teamwork

Cite as: 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 (198), pp. 75–82. (In Russ., abstract in Eng.)

References

1. Shershneva, V.A. (2014). [Formation of Mathematical Competence of Engineering Students]. *Pedagogika* [Pedagogics]. No. 5, pp. 62-67. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Ivanov, V.G., Kondratyev, V.V., Kaybiyainen, A.A. (2013). [Modern Problems of Engineering Education: the Results of International Conferences and Scientific School]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia]. No. 12, pp. 66-77. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Global Initiative CDIO. Planned Learning Results (CDIO Syllabus): Information and Methodical Edition / Trans. and ed. by A.I. Chuchalin, T.C. Petrovskaya, E.C. Kulyukina. Tomsk: Tomsk Polytech. Univ. Publ., 2011. 22 p.
4. International Seminar on Innovation and Reform of Engineering Education «Global Initiative CDIO»: Materials for the participants of the seminar (trans. S.V. Shikalova) / Ed. by N.M. Zolotareva and A. Umarov. M.: Ed. House MISIS, 2011. 60 p.
5. Osipova, S.I., Osipov, V.M. (2013). [The Potential of Mathematical Disciplines in the Formation of Bachelors' Design – Implement Competence]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research]. No. 10, pp. 2286-2289. (In Russ., abstract in Eng.)
6. 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.)
7. Butakova, S.M., Bratukhina, N.A., Araslanova, M.N. et al. (2014). [Designing of the Educational Process in Mathematics in the Context of Standards CDIO]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research]. No. 6-7, pp. 1497-1503. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Karnaukhova, O.A., Shershneva, V.A. (2011). *Sbornik prikladnykh zadach po matematike* [The Collection of Applications in Mathematics]. Krasnoyarsk: SFU Publ., 212 p.
9. Zykova, T.V., Sidorova, T.V., Shershneva, V.A. et al. (2013). [The Experience of the Use of the Web Focused Moodle Environment in Learning Mathematics by Engineering Students Based on the Polyparadigm Approach]. *Informatika i obrazovanie* [Informatics and Education]. No. 5 (244), pp. 37-40. (In Russ., abstract in Eng.)

The paper was submitted 05.01.16.

