

Опыт внедрения всемирной инициативы CDIO в практику подготовки теплоэнергетиков в Сибирском федеральном университете

Е.А. Бойко¹, П.В. Шишмарев¹, Д.И. Карабарин¹, А.А. Пикалова¹

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Получено 09.10.2017 / Отредактировано 19.12.2017 / Опубликовано 31.12.2017

Аннотация

Представлен опыт и результаты внедрения стандартов международной инициативы CDIO в практику подготовки бакалавров-теплоэнергетиков ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Ключевые слова: инженерное образование, проектно-ориентированные технологии, инициатива CDIO, теплоэнергетика.

Key words: engineering education, project-oriented technology, CDIO initiative, heat and power engineering.

Внимание к качеству инженерного образования обостряется во всем мире по мере усложнения технологий, технических систем и усиления их роли в развитии экономики и общества в целом. Главной и довольно устойчивой проблемой в этой области является противоречие между требованиями стейкхолдеров (работодателей, включая производство, бизнеса, властных структур, родителей, студентов) и качеством подготовки специалистов в области техники и технологии. Причин устойчивости вышеуказанного противоречия несколько, они хорошо известны, носят как объективный, так и субъективный характер и по существу представляют собой современные вызовы, которые посылают внешний мир университетам и научно-образовательным сообществам [1].

Эффективным ответом на упомянутые вызовы является концепция CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate), которая была выдвинута более 10 лет назад Массачусетским технологическим институтом (MIT), одним из ведущих инженерных вузов в мире. Внедрение данной концепции имеет своей целью удов-

летворение требований работодателей к качеству подготовки специалистов и предполагает существенное корректирование учебных планов, образовательных программ и образовательных технологий, таким образом, чтобы дать возможность выпускникам инженерных программ получить за время обучения компетенции, которые существенно сократят период их адаптации к условиям производства [2]. За последние 10 лет концепции CDIO последовали более 115 университетов Европы, Северной и Латинской Америки, Азии, Австралии, Новой Зеландии и Африки. В России наиболее ярких результатов внедрения данной концепции достигли Томский политехнический университет, Уральский федеральный университет, Сколковский институт науки и технологий, Московский политехнический университет, МАИ, МИФИ, МФТИ и др.

Применение стандартов концепции CDIO в инженерном образовании позволяет существенно изменить подход к формированию и реализации образовательных программ, и включает в себя [3]:

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 17 нояб. 2008 г. № 1662-р // Информация для всех: сайт. – [Б. м.], 2002–2017. – URL: <http://www.ifap.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 04.09.2016).
2. Ли, Куан Ю. Сингапурская история: из третьего мира – в первый / Куан Ю Ли. – М.: МГИМО – Ун-т МИД России, 2005. – 656 с.
3. Ялалов, Ф.Г. Профессиональная многомерность: моногр. / Ф.Г. Ялалов. – Казань: Центр иннова. технологий, 2013. – 180 с.
4. Бакштановский, В.И. Этика профессии: миссия, кодекс, поступок: моногр. / В.И. Бакштановский, Ю.В. Согомонов. – Тюмень: НИИ приклад. этики ТюмГНГУ, 2005. – 378 с.
5. Вебер, М. Избранные произведения / М. Вебер. – М.: Прогресс, 1990. – 240 с.
6. Повалко, Р.М. К вопросу о предмете социологии профессий / Р.М. Повалко, Г.Б. Кораблева // Социология и общество: новые реалии и новые идеи: сб. тез. докл. 1 Всерос. социол. конгр., С.-Петербург, 27–30 сент. 2000 г. – СПб.: Скифия, 2000. – С. 389–390.
7. Flexner, A. Is social work a profession? [Electronic resource]: Pap. pres. at the Nat. Conf. on Charities and Correction, Chicago, 1915 // Research on Social Work Practice. – 2001. – Vol. 11, Iss. 2. – P. 152–165. – Tit. screen. – DOI: <https://doi.org/10.1177/104973150101100202>
8. Белл, Д. Грядущее постиндустриальное общество / Д. Белл. – М.: Academia, 1999. – С. 499–500.
9. Мертон, Р.К. Социальная теория и социальная структура / Р.К. Мертон. – М.: АСТ Москва; Хранитель, 2006. – 873 с.
10. Гумилев, Л.Н. Этносфера: история людей и история природы / Л.Н. Гумилев. – М.: Экспресс, 1993. – 544 с.
11. Наумкин, Н.И. Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности: моногр. / Н.И. Наумкин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 172 с.
12. Диксон, Д. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений / Д. Диксон. – М.: Мир, 1969. – 440 с.
13. Инновационная Россия – 2020 [Электронный ресурс]: проект Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года // Мин-во экон. развития Рос. Федерации: офиц. сайт. – М., сор. 2015. – URL: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/innovations/doc20101231_016, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 17.11.16).
14. Рубинштейн, С.А. Саморазвитие личности и жизненный путь // Основы общей психологии. – СПб.: Питерком, 1999. – С. 215–218.



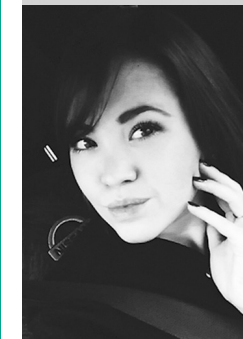
Е.А. Бойко



П.В. Шишмарев



Д.И. Карабарин



А.А. Пикалова

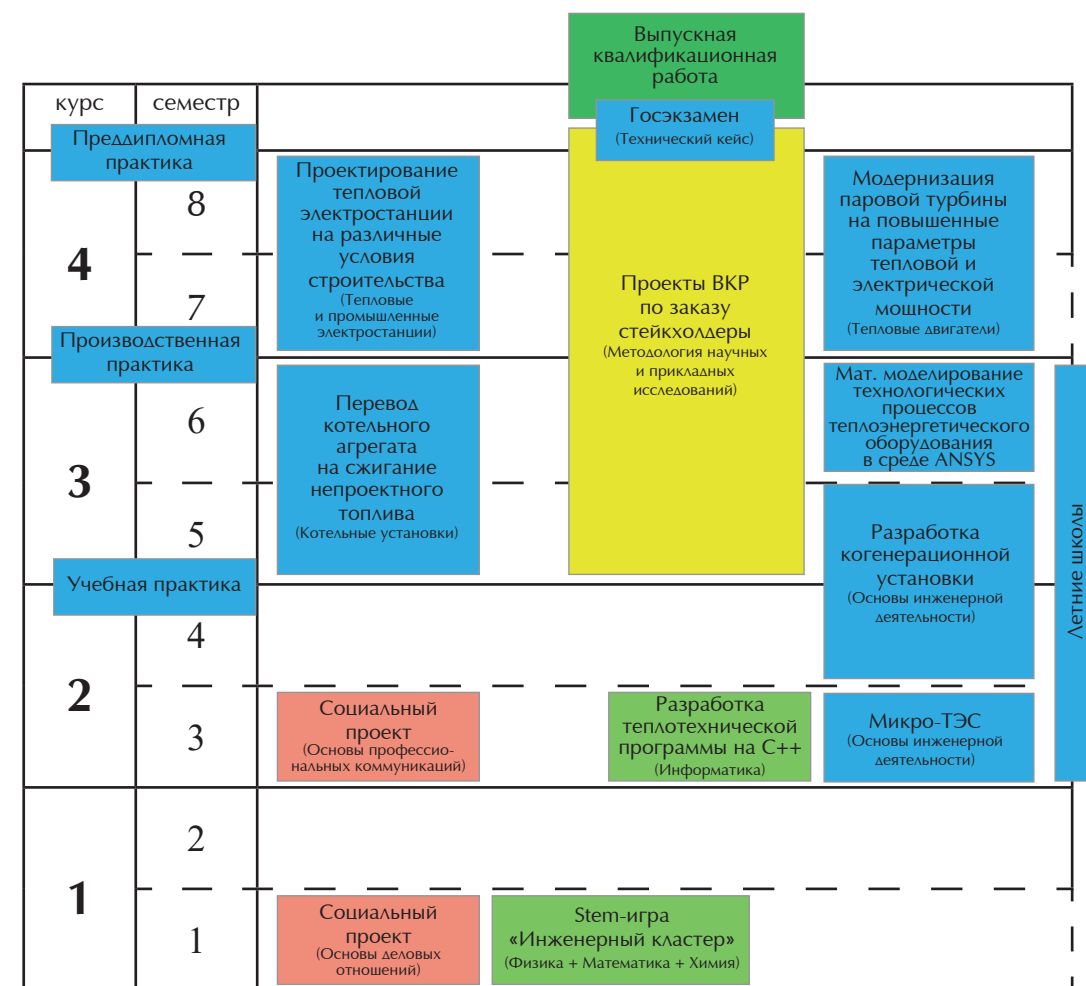
применение основной концепции CDIO на протяжении всего периода обучения; четкое описание личностных, межличностных и профессиональных компетенций, одобренных всеми участниками программы; учебный план, формирующий, кроме всего прочего, компетенции, позволяющие специалисту создавать продукты и системы; включение в учебный план вводного курса по основам инженерной практики в области создания продуктов и систем; обеспечение участия студента в, как минимум, двух проектах по созданию изделий на различных уровнях; создание условий проектирования, близких к реальным условиям проектных организаций; обеспечение условий для интегрированного характера подготовки специалиста (обучение, реальная работа); применение активного практического подхода при проведении занятий; обеспечение повышения компетентности ППС в области CDIO; создание и применение систем оценки успеваемости студентов как по усвоению ими дисциплинарных знаний, так и по их способности создавать новые продукты и системы; обеспечение оценки образовательной программы и образовательных технологий всеми стейкхолдерами.

Несмотря на значительные масштабы внедрения технологии CDIO в различных вузах мира, за рамками практических рекомендаций остаются многочисленные аспекты теоретических и прикладных задач системного внедрения образовательной инициативы в конкретной образовательной программе, в частности при подготовке бакалавров-теплоэнергетиков. В настоящей статье представлен опыт и промежуточные результаты внедрения стандартов CDIO при подготовке теплоэнергетиков на кафедре «Тепловые электрические станции» Сибирского федерального университета. В настоящее время опыт внедрения составляет 6 семестров с момента официального включения Сибирского федерального университета в 2014 году в сообщество университетов, реализующих стандарты CDIO.

Принципиальное значение для достижения эффективности образовательной программы, реализующей идеологию CDIO, имеет построение системы индивидуальных и командных проектов (включая выпускную квалификационную работу), обеспечивающей приобретение учащимися личностных, межличностных и профессиональных компетенций, позволяющих будущему специалисту создавать и внедрять различные продукты и системы. Правильное формирование целей, задач и содержания проектов наряду с эффективной модернизацией учебного плана и рабочих программ дисциплин является действенным механизмом достижения нового результата: развитие критического мышления и способности решения неструктурированных проблем; развитие логического и системного мышления; развитие проектного мышления (инжиниринг); развитие коммуникативности и сотрудничества; развитие воображения, творчества и инициативы; развитие глобального мышления; инициативное обучение: активность студенчества и участие профессиональных сообществ в обучении.

В рамках первого года обучения предусмотрено выполнение четырех проектов – в рамках первого семестра командная stem-игра «Инженерный кластер» и командный социальный проект (численность студентов в командах составляет от 3 до 5 человек). «Инженерный кластер» (разработчик – Московский политехнический университет) представляет собой игровой турнир, предполагающий создание инженерно-производственной компании (ИПК), занимающейся созданием высокотехнологичных продуктов в виртуальной среде в рамках заочного этапа и изготовлением физического устройства заданного назначения на очном этапе. Создание продуктов требует решения междисциплинарных задач по математике, физике, химии, информатике и начертательной геометрии, с ограничениями в виде выделяемого для каждого заказа бюджета (рис. 1).

Рис. 1. Комплексная система проектов, используемая при подготовке бакалавров-теплоэнергетиков в технологии CDIO

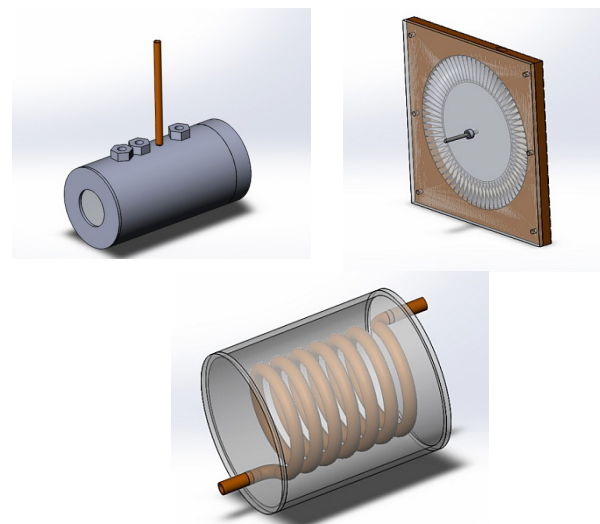
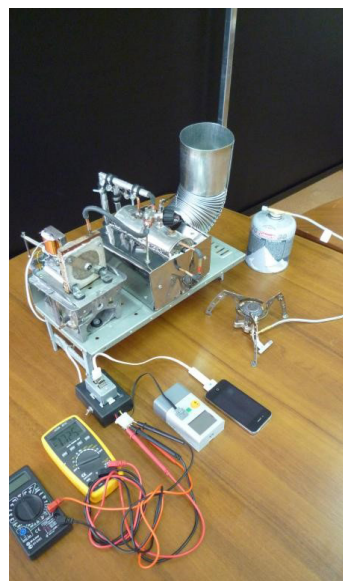


Реализация социальных проектов осуществляется в рамках дисциплин «Основы деловых отношений» и «Основы профессиональных коммуникаций» в течение первого и второго года обучения. Перечень и содержание социальных проектов преследуют своей целью развитие ряда личностных и межличностных навыков. Следует отметить, что на старте социальных проектов студенческим командам предлагаются варианты социальных проблем, стейкхолдерами в которых выступают выпускающая кафедра (например, проекты, связанные с профориентацией школьников), университет (к

примеру, адаптационные, творческие или спортивные мероприятия), либо работодатель (например, организация и проведение профессионального посвящения или совместная волонтерская работа с молодежными советами энергетических предприятий).

Финальным проектом первого года обучения при подготовке бакалавров-теплоэнергетиков является индивидуальный инженерный проект «Микро-ТЭС», в рамках которого каждый студент-первокурсник реализует этапы жизненного цикла миниатюрной тепловой электростанции, работающей по циклу Ренкина – расчет

Рис. 2. Опытный образец «Микро-ТЭС»



Паровой котел Паровая турбина Конденсатор

и 3D-проектирование, изготовление элементов и монтаж устройства, испытание и наладку режимов работы изделия (рис. 2).

Данный проект позволяет реализовать несколько важных методических и профессиональных задач: изучение принципов трансформации химической энергии органического топлива (природного газа) в электрическую и работы тепловой электростанции; знакомство с теплофизическими свойствами воды и водяного пара, а также с принципом работы цикла Ренкина и природой тепловых потерь генерирующей установки; освоение упрощенной методики теплового расчета параметров паросилового цикла и его основных элементов; изучение принципов и методов конструирования элементов – парового котла, паровой турбины, электрогенератора и конденсатора. Важно отметить, что конструирование основных элементов энергетической установки осуществляется через интеграцию с такими дисциплинами как «Информатика» и «Инженерная графика» и носит вариативный характер.

Итоги работы над проектом в течение второго семестра подводятся на со-

ревнованиях, в которых каждый участник демонстрирует работоспособность установки с фиксацией вырабатываемой мощности. Все результаты впоследствии ранжируются по уровню производительности установок, и занятое студентом место используется для формирования итоговой оценки, которая также учитывает качество проектно-сметной документации, внешний вид и оригинальность конструкции, качество ответов на вопросы экспертной комиссии (рис. 3).

Проектами второго года обучения теплоэнергетиков являются командные проекты, реализуемые в течение всего года обучения, направленные на создание различного рода генерирующих установок (тепловой или электрической энергии, включая когенерацию и тригенерацию). Такая формулировка задачи позволяет органично сочетать элементы опережающего обучения и полученные знания в рамках различных естественнонаучных и специальных дисциплин: основы инженерной деятельности, информатика, инженерная и компьютерная графика, физика, математика, механика, термодинамика, теплообмен,

Рис. 3. Процесс публичной защиты курсового проекта «Микро-ТЭС»

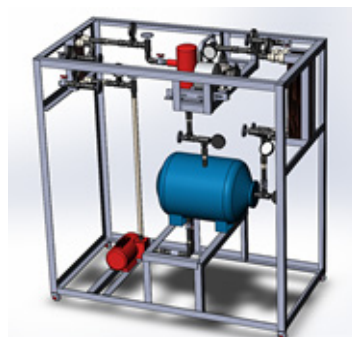


гидрогазодинамика. К числу основных вариантов генерирующих установок относятся: варианты реализации цикла Ренкина с различными комбинациями тепловых двигателей (Cyclone Engine, Waste Heat Engine, паровые расширительные агрегаты объемного типа, паровые роторные (роторно-лопастные) агрегаты, турбины Scroll-expander) и теплоносителей (органический цикл Ренкина); различные комбинации традиционных и возобновляемых источников энергии (ветро-солнечно-дизельные установки, тепловые насосы, газогенерирующие установки на твердом органическом топливе), включая гибридные схемы. Реализация проекта предусматривает тщательную проработку технического задания, предварительного технико-экономического анализа нескольких альтернативных вариантов, основных этапов проектирования (аванпроект, эскизный и технический проекты, оформление в упрощенном виде рабочей документации) с оценкой удельных энергетических характеристик и себестоимости вырабатываемой энергии, формирование проектно-сметной документации. Примеры реализованных проектов представлены на рис. 4.

При использовании проектного подхода принципиально изменяется роль и программа прохождения учебной и производственной практик. Наряду с задачей изучения структуры предприятия, состава основного и вспомогательного оборудования, технологических схем энергетического предприятия каждому студенту ставится задача поиска актуальной проектной идеи, которая затем будет трансформирована в выпускную квалификационную работу (ВКР). Фактически для большинства студентов выполнение ВКР начинается на третьем курсе и протекает в течение двух оставшихся лет обучения.

Часть тем проектов второго года обучения, имеющих высокую степень коммерциализации, «перетекают» в ВКР, часть тем инновационных ВКР формируется на основе научно-исследовательской работы кафедры, которая в таком случае выступает стейкхолдером, а остальная часть тем ВКР формируется различными энергетическими предприятиями и связана с проектированием новых объектов, модернизацией и реконструкцией существующего теплоэнергетического оборудования. При этом темы ВКР носят как индивидуальный, так и групповой

Рис. 4. Примеры реализованных проектов генерирующих установок



а) Генерирующая установка на основе органического цикла Ренкина 1,2 кВт



б) Ветро-солнечно-дизельная генерирующая установка 1 кВт



комплексный междисциплинарный характер. Для выполнения инженерных проектов на третьем и четвертом курсах с выходом на ВКР в учебном плане предусмотрена дисциплина «Методология научных и прикладных исследований» в объеме шесть часов в неделю с выделением в расписании занятий проектного дня, когда у студента имеется возможность выполнения прикладного проекта непосредственно на предприятии под руководством профессиональных наставников.

Параллельно с выполнением прикладного проекта, определяемого темой будущей ВКР, в течение третьего и четвертого года обучения для формирования базовых профессиональных знаний последовательно реализуются четыре курсовых проекта (работы): «Моделирование теплоэнергетических процессов и установок», «Котельные установки», «Тепловые двигатели» и «Промышленные и тепловые электростанции».

Существенная модернизация учебного процесса стала возможной только при активном участии стратегических партнеров – крупных энергетических предприятий, отраслевых лидеров, заинтересованных в подготовке высокопрофессиональных кадров. К числу таких предприятий, принимающих активное участие в продвижении эксперимента, относятся ПАО «Юнипро» (Э.ОН Россия), ООО «Сибирская генерирующая компания», ООО «Газпром энергохолдинг» (ОГК-2), компания «Danfoss», инжиниринговая компания «Powerz» и ряд других региональных и федеральных энергетических компаний. По мере развития проекта эти компании существенно изменили отношение к содержанию и организации учебного процесса теплоэнергетиков в СФУ, что выражается в реализации не только традиционных форм взаимодействия (целевая подготовка, именные стипендии, предоставление мест прохождения

практик, участие в итоговой аттестации выпускников), но также и неформальных соглашений о стратегическом партнерстве. В частности, повышение эффективности партнерства выражается: в развитии материальной и лабораторной базы кафедры; создании новых рабочих пространств; софинансировании проектной деятельности студентов; формировании тем, сопровождении и реализации проектов; совместной профориентационной деятельности; в участии студентов в работе молодежных советов компаний-партнеров кафедры, а также в различных спортивных, творческих и корпоративных мероприятиях энергетических предприятий.

Промежуточный опыт внедрения модели проектно-ориентированной технологии подготовки бакалавров-теплоэнергетиков в Сибирском федеральном университете получил положительную экспертную оценку у стратегических партнеров (работодателей), принимающих активное участие в проведении проектных недель, а также позволил повысить ряд показателей эффективности образовательных подразделений. Так за три года проведения эксперимента (с момента первого набора на программу CDIO в 2014 году) средний балл ЕГЭ по трем вступительным дисциплинам повысился со 182,3 до 197,5 при численности набора в 50 человек; география набора составля-

ет 18 регионов РФ и 5 стран ближнего и дальнего зарубежья, что позволило поднять уровень интернационализации на программе с 1,2% до 16%; сохранность контингента удалось повысить с 63% до 95%; публикационная активность студентов, а также их участие в конференциях и научно-технических конкурсах различного уровня повысилось в три раза.

При этом следует отметить и те риски, которые сопровождают внедрение новой образовательной технологии, главными из которых являются: отсутствие требуемой квалификации профессорско-преподавательского и учебно-вспомогательного персонала, заключающееся в недостатке самостоятельного проектного опыта; неудовлетворительная инфраструктура вуза и соответственно образовательной программы (кафедры); необходимость наличия значительно больших управленческих, организационных (на уровне вуза), материальных и финансовых ресурсов.

Несмотря на промежуточное состояние проекта, можно констатировать достижение ряда положительных объективных и субъективных результатов, что позволяет рекомендовать вышеизложенный подход для практического использования при модернизации инженерного образования других направлений подготовки вуза и аналогичного направления в других вузах РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чучалин, А.И. Модернизация инженерного образования на основе международных стандартов CDIO // Инженерное образование. – 2014. – № 16. – С. 14–29.
2. Похолков, Ю.П. Инициатива CDIO и проблемы реализации активных методов обучения в инженерном образовании / Ю.П. Похолков, К.К. Толкачева // Там же. – С. 120–125.
3. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информ.-метод. изд. / пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 17 с.