

Практические компетенции как результаты обучения с использованием CES EduPack

Гранта Дизайн, Кембридж
(Granta Design, Cambridge), Великобритания
T.V. Vakhitova, C. Fredriksson

Качество современного инженерного образования измеряется в терминах результатов обучения. Это справедливо, например, для системы аккредитации ABET и учебного плана, разработанного с учетом принципов CDIO. Эта статья демонстрирует, как обучающий ресурс в виде программного обеспечения CES EduPack может быть использован университетами для достижения результатов обучения, необходимых для аккредитации инженерных программ.

Ключевые слова: результаты обучения, инженерное образование, критерии оценки, аккредитация.

Key words: learning outcomes, engineering education, assessment criteria, accreditation.



T.V. Vakhitova



C. Fredriksson

Введение

Обеспечение качества является важным аспектом современного инженерного образования. В этом контексте особенно важны результаты обучения. Результаты обучения могут быть определены как способность студента продемонстрировать (применить) свои знания, желаемые результаты обучения могут быть использованы для уточнения и оценки курсов и образовательных программ. Это основное положение соответствует Болонскому процессу Европейского пространства высшего образования, а также большинству систем аккредитации в системе высшего образования. В этой статье мы рассмотрим, как обучающий ресурс CES EduPack [1] может внести вклад в разработку учебного плана CDIO 2.0 [2, 3], который предлагает набор результатов обучения с особым акцентом на практические компетенции. Многие выводы могут быть также применимы

и к системам аккредитации, таким как ABET или EUR-ACE.

В данной статье рассматривается пять основных составляющих учебного плана CDIO 2.0 на втором уровне детализации: 1.3 «Углубленные знания основ инженерного дела, методов и инструментария»; 2.1 «Аналитическое мышление и решение проблем»; 2.3 «Системное мышление»; 4.1 «Социальный и экологический контекст» и 4.4 «Проектирование». Авторы описывают три примера того, как CES EduPack и сопутствующие учебные ресурсы могут содействовать преподавателям в достижении результатов обучения в этих направлениях.

Результаты обучения

В рамках компетентного подхода (ориентированного на результаты обучения) преподавательская и учебная деятельность (содержание, методы и т.д.) должны быть приведе-

ны в соответствие с обозначенными результатами обучения и их оценкой, смотрите рис. 1 [2, 4].

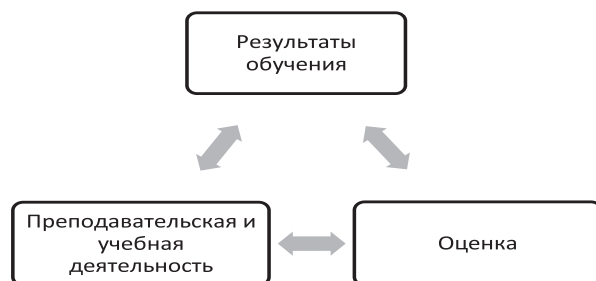
Такой подход помогает разделить результаты обучения на три категории: (I) знание и понимание, (II) навыки и способности и (III) ценности и отношения. Мы интерпретируем результаты обучения, связанные со знанием как способность правильно использовать информацию. Понимание требует способности использовать эти знания в новых, незнакомых ситуациях и способности создавать новые знания. Навыки и способности иногда называют практическими знаниями и умениями. Наконец, ценности и отношения отражают способность использовать знания и понимание ответственно.

Учебные ресурсы в поддержку обучения, ориентированного на достижение результатов, могут быть разработаны с тем, чтобы содействовать достижению результатов, описанных в каждой из трех категорий. Программный продукт CES EduPack был разработан с учетом вышеуказанной задачи. Он поддерживает методологию, которая связывает выбор материалов с процессом проектирования. Представленные в данной статье результаты обучения в большей степени связаны с практическими компетенциями (такими как навыки), которые в первую очередь могут быть приобретены благодаря соответствующему взаимодействию между студентами и преподавателями, и использованию программного обеспечения /ресурсов.

CES EduPack является источником высококачественной информации о материалах и процессах. CES EduPack знакомит студентов с идеями эко-дизайна и эко-аудита. Кроме того, с его помощью может проходить обучение принципам устойчивого развития, обеспечен доступ к информации о таких системах, экологической политике, социальном обеспечении и системе управления стран всего мира – странах, имеющих запасы ресурсов.

Однако, следует подчеркнуть, что информация, содержащаяся в базах данных, CES EduPack, не может сама по себе генерировать результаты обучения в системе высшего образования. Это зависит от того, как преподаватели и студенты используют информацию – именно это представляет особую важность. Данный аспект поддерживается рядом дополнительных учебных ресурсов, представленных в разработанном программном обеспечении, а также в нескольких учебниках, созданных для подробного и углубленного объяснения вопросов механического проектирования [5,6] и проблем окружающей среды / устойчивого развития [7]. Кроме того, преподавателям доступен целый ряд документов и упражнений по специализированным темам [8], таким как: преподавание дисциплин «Конструкционные материалы», «Материалы и проектирование», «Эко-дизайн», «Материалы и устойчивое развитие». Пользователи [9, 10] отметили практическую пользу CES EduPack в получении ABET аккредитации образовательных программ и описали

Рис. 1. Концепция конструктивного выравнивания, используемая Biggs [4]



свой опыт использования CES EduPack в достижении различных результатов обучения. Эти примеры представлены далее.

Примеры применения в процессе обучения

Программное обеспечение особенно хорошо подходит для выполнения прикладных инженерных проектов или курсовых работ. CES EduPack является передовым инструментом обучения инженерному делу, благодаря применению современных методов выбора материалов. При использовании данного программного обеспечения достижение результатов обучения 1.3 «Углубленные знания основ инженерного дела, методов и инструментария» в большинстве курсов и дисциплин становится выполнимой задачей. Поэтому приведенные ниже примеры сфокусированы на других оставшихся четырех результатах обучения (см. рис. 2).

Пример 1:

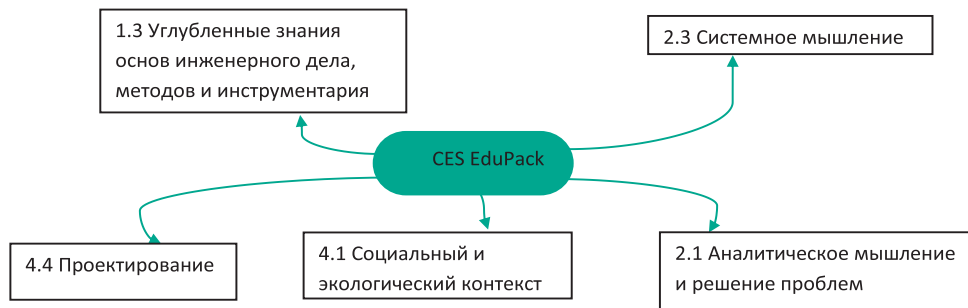
Механическое проектирование
CES EduPack позволяет выбрать материалы и производственные процессы во время проектирования. Этот метод, разработанный на технологическом факультете Кембриджского университета [1, 6, 7], использует рациональный, системный подход, который начинается с постановки задачи (минимизации веса, например, или минимизации затрат) и определения конструктивных ограничений (механических, термических, электрических или требования долговечности). Методология четко изложена с демонстрацией многочисленных примеров,

с решениями и предложениями для доступных в системе проектов.

Конкретный пример приведен профессором Иэсоном (Prof. Eason) из Университета Северной Флориды [9], где CES EduPack был использован при выполнении проектов Capstone проектирования (EML 4551 и 2) в течение нескольких лет. Студентам, работающим в парах, была поставлена задача повторного проектирования и создания горного велосипеда. Им нужно было понять требования и перевести их в область определения целей и ограничений, чтобы затем, используя инструменты, доступные в CES EduPack выбрать материалы соответствующие специфике велосипеда в реальной жизни. У них была возможность легко учитывать различные приоритеты проектирования и рассмотреть, как это могло повлиять на выбор материалов, проигрывая различные сценарии в программном обеспечении, в том числе при рассмотрении противоречивых целей и поиска компромиссных решений в процессе проектирования.

Критерии высокой прочности, низкой плотности, приемлемой стоимости и низкого углеродистого следа были непосредственно учтены с помощью графического выбора объекта программного обеспечения (рис. 3). Это привело к ряду возможных решений, среди которых был вариант велосипеда в бамбуковой оправе, который студенты успешно построили и испытали. Этот пример выполнения проектирования и строительства (создания), а также применения элемен-

Рис. 2 . Результаты обучения CDIO 2.0, достигаемые при помощи EduPack



тов тестирования, моделирования и работы в команде показывает, как CES EduPack может способствовать достижению соответствующих результатов обучения согласно CDIO 2.1 «Аналитического мышление и решение проблем»; 2.3 «Системное мышление»; 4.1 «Социальный и экологический контекст» и 4.4 «Проектирование».

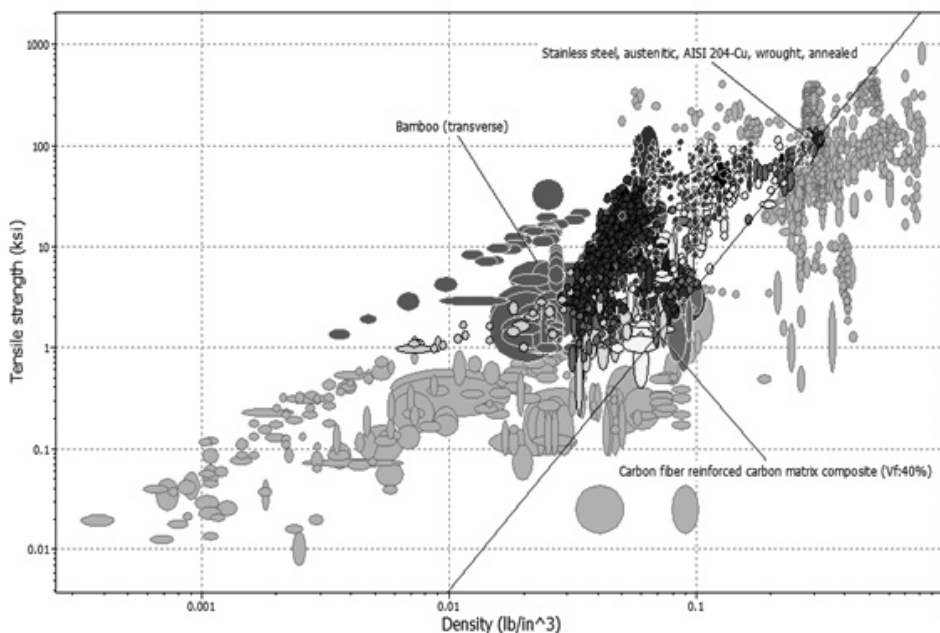
Пример 2:

Инструмент Эко Аудит

Ответственное техническое проектирование сегодня должно включать анализ воздействия предлагаемой конструкции на окружающую среду.

Эко Аудит инструмент CES EduPack, который позволяет сделать быструю приблизительную оценку жизненного цикла продукта. Модель, используемая в инструменте Эко Аудит, является заведомо простой и принцип ее применения наглядно объясняется в меню помощи, так что студенты могут взаимодействовать, обсуждать и соглашаться или не соглашаться с моделью, а также ее результатами. Данные, использованные при оценке проектов жизненного цикла, как известно, не так значимы по сравнению с данными механических свойств, к

Рис. 3. Материалы таблицы с сопоставлением бамбука с другими доступными материалами [9]



чему студенты инженерных специальностей уже привыкли. Этому уделяется особое внимание в меню помощи и предложенных упражнениях, так чтобы студенты могли научиться справляться с неопределенностью. Это означает, что проекты, в которых студенты использовали инструмент Эко Аудит особенно полезны и содействуют достижению результатов обучения 2.1 «Аналитическое мышление и решение проблем» и 2.3. «Системное мышление».

В курсе «Выбор материалов» для механического проектирования (EMA 4507), также из Университета Северной Флориды [9, 12], используется этот инструмент, чтобы проводить обратный инжиниринг смартфона. Структуры и материалы телефона были проанализированы двумя командами, одной поставлена задача добиться максимальной механической прочности, а другой поручено минимизировать потребляемую энергию и выбросы углекислого газа. Эко Аудит

является обязательным для обеих команд.

Кроме того, общий графический вывод CES EduPack (рис. 4) иллюстрирует сравнение потребленной энергии в двух альтернативных проектах. Ситуация проигрывания различных сценариев «А что, если ...» обеспечивает немедленную обратную связь и демонстрирует последствия любого изменения материала в продукте.

Проект создания бамбукового велосипеда, упомянутого в предыдущем примере, также прошел этап Эко аудита (рис. 5) в сравнении с традиционным металлическим велосипедом.

Пример 3:

Анализ устойчивости

База данных устойчивости и сопутствующие инструменты CES EduPack позволяют студентам изучить широкую цепочку, включая выбор инженерных материалов, справочную

Рис. 4. Инструмент Эко Аудит может быть использован для обратного инжиниринга и разведки

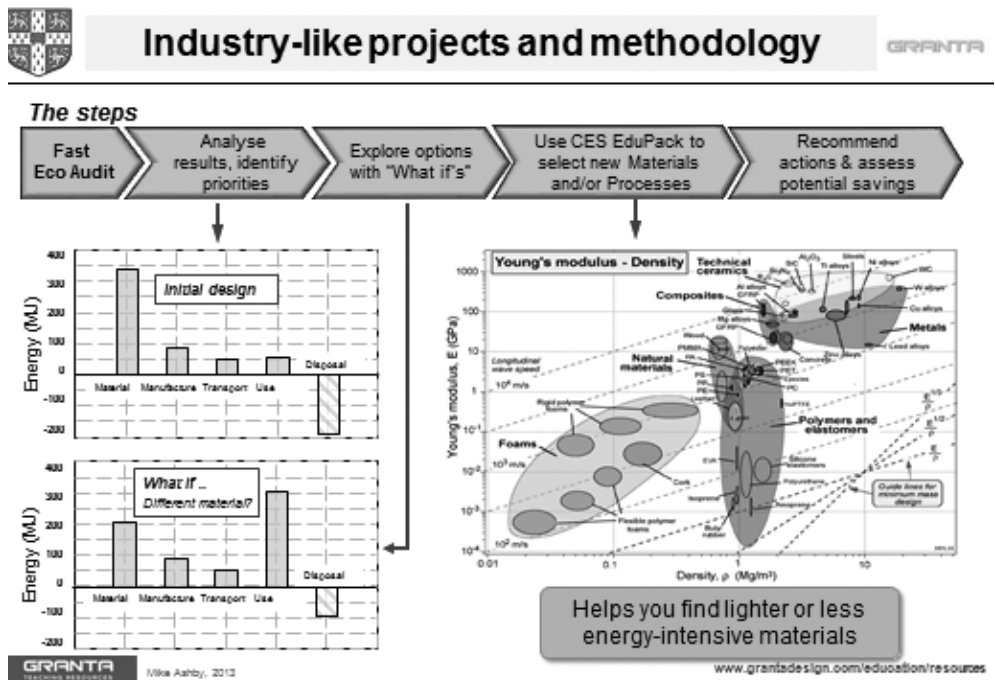
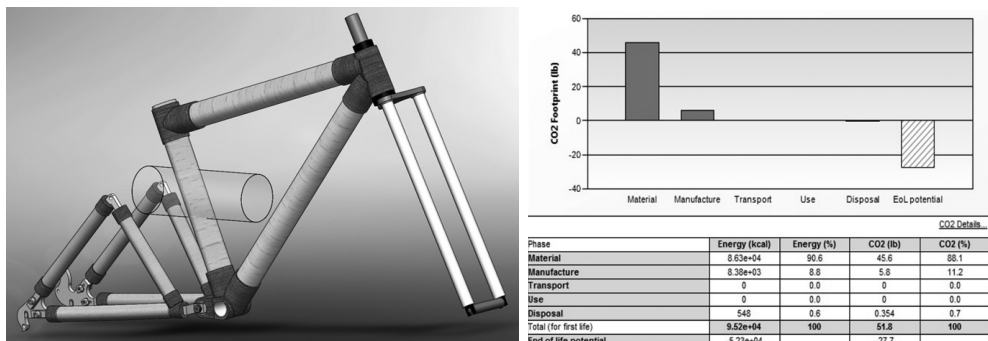


Рис. 5. CAD изображения и Эко Аудит для бамбукового горного велосипеда [9]



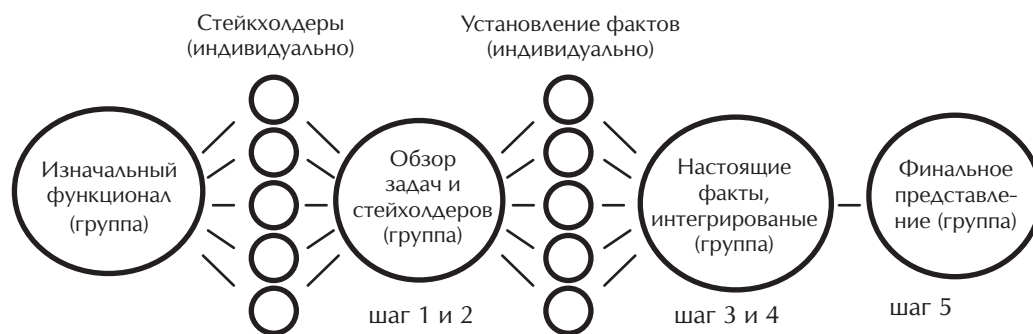
информацию об этической составляющей и производстве, осознание бизнес-рисков, связанных с материалами и с законодательством, их использование и утилизацию. База данных устойчивости включает в себя доступ к данным об экономических, социальных и экологических показателях 210 стран. Этот метод был апробирован в университетах Кембриджа (Великобритания), Урбана (США) и Барселоны (Испания). Пятиступенчатая методология (см. рис. 6) включает в себя: постановку цели, выявление заинтересованных сторон, фактов, интеграцию и отражение.

Профессор Феррер-Балас (Prof. Ferrer-Balas) из Политехнического университета Каталонии в Барселоне

[11] высказал свое мнение об использовании CES EduPack и базе данных по устойчивому развитию (Основные результаты проекта были представлены в [11]). Целью исследования стал анализ бамбука в качестве строительного материала в Мексике. Студенты стали лучше понимать разбираемый случай, отметив, что только два типа параметров (природные и перерабатываемые) были представлены в слишком упрощенном виде. Понятия человека, природы и производственного капитала были использованы для представления различного вклада материалов / технологий в экологический и социальный аспекты.

Предполагаемые результаты обучения для студентов курса, использу-

Рис. 6. Методология для проведения пятиступенчатого анализа устойчивого развития



ющего базу данных устойчивости CES EduPack, обобщены и классифицированы в соответствии с инициативой CDIO в табл. 1.

Более общие вопросы, такие как объем рынка, законодательное регулирование, производственные мощности, общественное признание, затраты были проанализированы благодаря доступу к надежной и согласованной информации в базе данных. Дебаты об устойчивости при выборе материалов готовят студентов к реальной работе в промышленном секторе, и соответствующим вопросам, проблемам и возможностям, в том числе исследованию роли заинтересованных сторон и законодательства. Этот пример демонстрирует содействие достижению результатов 4.1 «Соци-

альный и экологический контекст» и 2.3. «Системное мышление».

Выводы

При использовании надлежащим образом для решения соответствующих задач, CES EduPack содействует достижению результатов обучения учебного плана CDIO 2.0, в частности: 1.3, 2.1, 2.3, 4.1 и 4.4

CES EduPack является передовым средством проектирования, которое используется как в промышленности, так и в научных исследованиях. Этот программный продукт способен внести свой вклад в результаты обучения 1.3 «Углубленные знания основ инженерного дела, методов и инструментария». Встроенные научные заметки, подробно изложенная информация о модели, используемых источниках

Таблица 1. Результаты обучения курса «Устойчивое проектирование» (собственная оценка)

	Результаты обучения	Результаты обучения в сравнении с уровнем знаний, навыков и отношений (основано на таксономии Блума и Кратуола)						Результаты обучения в сравнении с наиболее распространенными стандартами (критериями) аккредитации		
		Знания	Понимание	Применение и анализ	Системность, креативность, Оценка	Приобретение, отдача и оценивание	Сравнение, соотношение и синтез	Стандарт		
		Знания	Навыки	Отношение и ценности			EUR-ACE	ABET	CDIO	
1	Знать и понимать основы концепции устойчивого развития сквозь призму подхода капитала	●	●			●	1.2, 1.4	a,j	1.2	
2	Понимать всю сложность создания и развития технологий устойчивого развития в силу различия определений и условий и уметь объяснять их на примере	●	●			●	1.5, 5.5, 5.7	f,h	2.3, 4.1	
3	Проводить системный анализ устойчивого развития в четыре этапа согласно методологии			●		●	2.2, 2.4	b,k	2.2, 2.3	
4	Интегрировать междисциплинарные данные при решении проблемы			●	●	●	5.5	e	2.1	
5	Определять все заинтересованные стороны, учитывая противоречивые социально-экономические аспекты и выявлять их интересы и перспективы			●		●	5.4	J	4.1	
6	Находить и сравнивать информацию в различных базах данных (особенно SUSTAIN) и сети интернет о материалах, технологиях, нормативных документах, касающихся проекта			●		●	4.1, 4.4, 4.6	b	2.2	
7	Строить диаграммы, используя базу данных SUSTAIN и представлять результаты разным экспертам и аудиториям					●	6.2	g	3.2	
8	Работать в команде над выполнением проекта			●	●	●	6.1	d	3.1	
9	Оценивать варианты развития устойчивой технологии					●	6.4	h	2.3, 2.4	

данных, а также система уведомления о ситуации неопределенности призваны упростить использование программы во время аудиторных занятий и самостоятельной работы. Это приводит к лучшему развитию аналитического мышления и способствует решению задач 2.1.

CES EduPack преимущественно используется в контексте системы (например, производственной системы). Баланс в рамках системы при выборе материала, проведении Эко Аудита или выполнении проекта по устойчивому проектированию помогает студентам приобрести навыки, входящие в 2.3 «Системное мышление». Такие инструменты как ЭкоАудит и база данных устойчивости программного обеспечения предоставляют уникальную возможность проведения со студентами исследования устойчивости продуктов и технологий, с последующим обсуждением мнений

как в 4.1 «Социальный и экологический контекст».

Программный продукт CES EduPack, изначально созданный для поддержки преподавания курсов и дисциплин механического конструирования, со временем значительно расширил свою сферу компетенции. Процесс проектирования и способы выбора материалов, подробно описанные во многих книгах, в дополнении с упражнениями и технической документацией способствуют достижению результатов обучения 4.4 «Проектирование».

CES EduPack поддерживает активный, творческий и практико-ориентированный подход обучения, помогая студентам при решении сложных междисциплинарных задач. При условии наставнического руководства преподавателя, этот программный продукт помогает подготовить студентов к решению профессиональных задач на реальных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. CES EduPack [Electronic resource]//Granta Design: the official site – Cambridge, 2013 – URL: <http://www.grantadesign.com/education/>, free.
2. Edward F. Crawley et al., The CDIO Syllabus v2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education [Electronic resource]//Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20–23, 2011 (usage date: 01.11.2013).
3. The CDIO Initiative//CDIO: the official site, Gotthenburg, 2013 – URL: www.cdio.org, free.
4. Biggs J. Teaching for Quality Learning at University, 2:nd ed., The Society for Research into Higher Education and Open University Press, Berkshire: England, 2003.
5. Ashby M. F., Shercliff H. and Cebon D. Materials: Engineering, Science, Processing and Design (3rd edition) Elsevier, 2014.
6. Ashby M.F. Materials Selection in Mechanical Design (4th edition) Butterworth Heinemann, 2011.
7. Ashby M.F. Materials and the Environment: Eco-informed Materials Choice (2:nd ed), 2013.
8. Ashby M.F. The CES Sustainability Database, A White Paper Granta Design, Cambridge, 2013.
9. Eason P. Achieving ABET Outcomes 'h' through 'k' Using CES EduPack Eco Audit, Proceedings of the 4:th North American Materials Education Symposium, URL: <http://www.materials-education.com>, free, 2013.
10. Sharif Ullah, A. M. M., Significance of Materials Selection Tools in Undergraduate Engineering Education, Proceedings of JSEE Annual Conference, 2011, Sapporo, Sept. 9, 2011.
11. Ferrer D-B. Proceedings of the Rethinking the Engineer EESD Conference, Proceedings, Paper 25, 2013.
12. Eason P. WebSeminar, [Electronic resource], Supporting accreditation criteria for engineering programmes, URL: <http://www.grantadesign.com/education/events/2013/us-eason-video.htm>, free, 2013.