

Rethinking Engineering Education

The CDIO Approach

EDWARD F. CRAWLEY
JOHAN MALMQVIST
SÖREN ÖSTLUND
DORIS R. BRODEUR
KRISTINA EDSTRÖM

Second Edition

СОДЕРЖАНИЕ

- Предисловие к первому изданию 13
- Предисловие ко второму изданию 16
1. ВВЕДЕНИЕ И МОТИВАЦИЯ 23
- ОБОСНОВАНИЕ 23
- НЕОБХОДИМОСТЬ ПЕРЕМЕН 24
- Чем занимается современный инженер? 24
- Необходимость реформирования инженерного образования 25
- ОСНОВЫ ПОДХОДА *CDIO* 32
- КНИГА 36
- ЛИТЕРАТУРА 37
2. ПОДХОД *CDIO* 38
- ВВЕДЕНИЕ 38
- ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ 39
- ПОДХОД *CDIO* 39
- Основная задача 40
- Цели 41
- Видение проблемы 44
- Модернизация учебного плана 54
- Педагогические принципы 60
- МОДЕЛЬ «ПЛАНИРОВАНИЕ—ПРОЕКТИРОВАНИЕ—ПРОИЗВОДСТВО—ПРИМЕНЕНИЕ» КАК КОНТЕКСТ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ 63
- Контекст профессиональной инженерной деятельности 64
- Контекст инженерного образования 72
- РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДХОДА *CDIO* 78
- Перечень планируемых результатов обучения (*CDIO Syllabus*) 80
- CDIO Standards* 81
- Изменение организационной структуры и культуры образования 84
- Повышение квалификации преподавателей 85
- Открытые ресурсы 86
- Взаимодействие вузов для ускорения развития 87
- Изучение результатов инженерно-педагогических исследований и опыта эффективных практик 89

Соответствие национальным стандартам и другим крупным проектам в области образования	89
Стратегии привлечения и мотивации студентов	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ	95
ЛИТЕРАТУРА	96
3. <i>CDIO SYLLABUS</i>: РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ	98
ВВЕДЕНИЕ	98
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ	99
ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗНАНИЯ И НАВЫКИ	100
Необходимые инженерные знания и навыки	100
Необходимость обоснования и уровни детализации	102
Перечень планируемых результатов обучения <i>CDIO</i>	104
Разработка и формирование перечня планируемых результатов обучения <i>CDIO</i>	106
Содержание и структура перечня планируемых результатов обучения <i>CDIO</i>	108
Согласование <i>CDIO Syllabus</i>	118
Современные вопросы инженерной деятельности — устойчивое развитие, инновация и глобализация	131
Современные вопросы инженерной деятельности — лидерство и предпринимательство	135
РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ И УРОВНИ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ И НАВЫКОВ	140
Адаптация <i>CDIO Syllabus</i> к особенностям программы	143
Определение заинтересованных сторон программы	145
Привлечение заинтересованных сторон и выявление их мнения	146
Анализ итогов опроса и формулирование результатов обучения	149
Формулирование результатов обучения на основе ожидаемых уровней компетенций	156
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	158
ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ	160
ЛИТЕРАТУРА	160

4.	РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОГО УЧЕБНОГО ПЛАНА	163
	ВВЕДЕНИЕ	163
	ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ	166
	ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОГО УЧЕБНОГО ПЛАНА	166
	Практическая необходимость	168
	Методическая необходимость	168
	Особенности интегрированного учебного плана	169
	Восприятие профессиональных навыков преподавателями	171
	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО УЧЕБНОГО ПЛАНА	173
	Модель процесса проектирования образовательной программы	173
	Содержание образовательной программы и результаты обучения	176
	Требования к программе	176
	Анализ существующей программы	179
	Структура учебного плана	184
	Организирующий принцип	185
	Генеральный план интеграции	187
	Блочная структура учебного плана	188
	Концепция учебного плана <i>CDIO</i>	191
	Последовательность обучения	193
	Соотнесение последовательности обучения со структурой программы	196
	ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	204
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	210
	ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ	210
	ЛИТЕРАТУРА	211
5.	ПРОЕКТНО-ВНЕДРЕНЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	212
	ВВЕДЕНИЕ	212
	ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ	214
	ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПРОЕКТНО-ВНЕДРЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	214
	Особенности проектно-внедренческой деятельности	215
	Проектно-внедренческая деятельность в ряду других образовательных моделей	217
	Роль и преимущества проектно-внедренческой деятельности	218

Проектно-внедренческая деятельность на ранних этапах обучения	220
Проектно-внедренческая деятельность на поздних этапах обучения	221
Подготовка к проектно-внедренческой деятельности	222
ИНТЕГРИРОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ВНЕДРЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОГРАММУ	223
Проектно-внедренческая деятельность на первом году обучения	223
Проектно-внедренческая деятельность на втором году обучения	225
Проектно-внедренческая деятельность на третьем и четвертом годах обучения	229
СЛОЖНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТНО-ВНЕДРЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	232
РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	235
Значимость и преимущества рабочего пространства <i>CDIO</i>	235
Назначение рабочего пространства для инженерной деятельности	237
Примеры организации рабочего пространства <i>CDIO</i>	241
Преподавание и обучение с использованием рабочего пространства для инженерной деятельности	243
Основные проблемы, связанные с созданием и эксплуатацией рабочего пространства	250
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	252
ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ	253
ЛИТЕРАТУРА	254
6. ПРЕПОДАВАНИЕ И ОБУЧЕНИЕ	256
ВВЕДЕНИЕ	256
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ	258
ИНТЕРЕСЫ И МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТОВ	258
Мнение студентов о преподавании и обучении	258
Мотивация студентов	261
ИНТЕГРИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ	262
Преимущества интегрированного обучения	263
Развитие навыков	263
Интегрированное обучение через многократное обращение к материалу	264
РАЗРАБОТКА КУРСА В СООТВЕТСТВИИ С ПОДХОДОМ <i>CDIO</i>	267
Конструктивное соответствие — модель проектирования курса	267

Уточнение планируемых результатов обучения	268
Уровни достижения планируемых результатов обучения	269
Примеры формулировок планируемых результатов обучения	270
МЕТОДЫ АКТИВНОГО И ПРАКТИЧЕСКОГО (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО) ОБУЧЕНИЯ	271
Методы активного обучения	273
Методы практического (экспериментального) обучения	277
Применение нескольких методов активного и практического обучения	281
ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ, МЕТОДОВ АКТИВНОГО И ПРАКТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ	284
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	285
ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ	286
ЛИТЕРАТУРА	286
7. ОЦЕНКА ОБУЧЕНИЯ	288
ВВЕДЕНИЕ	288
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ	290
ПРОЦЕСС ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ	290
СОГЛАСОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ	293
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ	293
Письменные и устные опросы	294
Наблюдение и оценка успеваемости студента	297
Оценка объекта, процесса или проекта	298
Журналы и портфолио	300
Другие средства самооценки	300
Руководство по выбору методов оценки	302
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ	305
Ознакомление студентов с результатами оценки	305
Культура качества	305
ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ОБУЧЕНИЯ	307
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	308
ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ	309
ЛИТЕРАТУРА	309

8. АДАПТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДА
CDIO 311
ВВЕДЕНИЕ 311
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ 312
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ *CDIO*
КАК ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИОННОЙ
И КУЛЬТУРНОЙ РЕФОРМЫ 312
Реформа образования как пример
организационной реформы 315
Основные факторы, влияющие на успех
организационной и культурной реформы 318
Первый этап реформы — правильное начало
работы 319
Второй этап реформы — создание движущей силы
для основных мероприятий реформы 327
Третий этап реформы — распространение изменений
на другие подразделения 331
ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ
И ПОДДЕРЖКА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ 337
Усовершенствование профессиональных навыков
преподавателей 338
Повышение квалификации преподавателей в области
преподавания, обучения и оценивания 341
РЕСУРСЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ
НА ПОДДЕРЖКУ РЕФОРМЫ 346
Принцип инженерного проектирования
в разработке подхода *CDIO* 346
Открытые ресурсы и материалы 349
Значение сотрудничества
для параллельного развития 351
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 352
ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ 353
ЛИТЕРАТУРА 353
9. ОЦЕНКА ПРОГРАММЫ 355
ВВЕДЕНИЕ 355
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ 357
ОЦЕНКА ПРОГРАММЫ НА ОСНОВЕ
СТАНДАРТОВ 357
СТАНДАРТЫ *CDIO* И ОСНОВНЫЕ
ОЦЕНОЧНЫЕ ВОПРОСЫ 360
ОБОСНОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ
СТАНДАРТОВ *CDIO* 360
Соответствие основных вопросов оценки
программы стандартам *CDIO* 363

	Основные вопросы сравнительной оценки программы	363
	МЕТОДЫ СБОРА ДАННЫХ И ОЦЕНКИ ПРОГРАММ	366
	Изучение документов	367
	Индивидуальные и групповые интервью	367
	Письменные опросы	368
	Отчеты преподавателей	368
	Оценка программы внешними экспертами	369
	Многолетнее исследование	370
	ОЦЕНКА ПРОГРАММЫ НА СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ <i>CDIO</i>	370
	ПРОЦЕСС ПОСТОЯННОГО УЛУЧШЕНИЯ ПРОГРАММЫ	374
	ОБЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОГРАММ <i>CDIO</i>	378
	Предварительные результаты программ <i>CDIO</i>	379
	Оценка результатов обучения и общего воздействия	383
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	385
	ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ	387
	ЛИТЕРАТУРА	387
10.	ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	389
	ВВЕДЕНИЕ	389
	ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ	392
	ЗАРОЖДЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	393
	Инженерное образование во Франции	394
	Инженерное образование в Северной Европе	395
	Инженерное образование в Великобритании	396
	Инженерное образование в США	397
	ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ	399
	НАУЧНАЯ БАЗА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	402
	Изменение ситуации в США	403
	Изменение ситуации в Европе	403
	Послевоенная ситуация	404
	ОТКАЗ ОТ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ И ОПЫТА	406
	Преобразование технических вузов	406
	Реакция промышленности	408
	Возвращение к практике	409

ПОЯВЛЕНИЕ ЧРЕЗМЕРНОГО КОЛИЧЕСТВА
НОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗНАНИЙ И РАЗМЫТИЕ ГРАНИЦ
МЕЖДУ НИМИ 410

- Решение проблемы большого числа
инженерных специальностей 412
- Взаимопроникновение технологий и природы 413
- Инженерная деятельность и общество 413
- Расширяющаяся дезинтеграция 416

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ 417

- Новое понимание инженерной деятельности 417
- Новый подход к подготовке инженеров 419
- Решение современных проблем с применением
подхода CDIO 421

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 422

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ 423

ЛИТЕРАТУРА 424

11. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 428

ВВЕДЕНИЕ 428

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ 429

ФАКТОРЫ, СТИМУЛИРУЮЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ 429

- Научные открытия и технологические разработки 430
- Интернационализация и академическая
мобильность 431

Навыки и личностные качества студентов
младших курсов инженерных вузов 435

Гендерные вопросы и необходимость привлечения
новых групп населения 436

Государственная политика и многосторонность 437

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДХОДА CDIO 438

Применение подхода CDIO к новым инженерным
специальностям 439

Применение подхода CDIO к программам второго
и третьего уровней 445

Применение подхода CDIO к неинженерным
программам 447

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 449

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ 451

ЛИТЕРАТУРА 451

Приложение 1: *CDIO Syllabus 2.0* 452

Приложение 2: *CDIO Standards 2.0* 476

Над книгой работали 497

Предисловие к первому изданию

Примечание автора

Когда в 2007 г. вышло в свет первое издание книги «Переосмысление инженерного образования: подход CDIO», Чарльз М. Вест уже покинул пост президента Массачусетского технологического института, который он занимал на протяжении 14 лет. В последние годы жизни он являлся также президентом Национальной инженерной академии США. Президент Ч. Вест умер 12 декабря 2013 г. С его уходом инженерное сообщество и инженерное образование потеряли истинного вдохновителя и лидера. Мы публикуем его предисловие без изменений, поскольку изложенные в нем мысли не утратили своей актуальности и значимости до сегодняшнего дня.

ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ ПОСЛЕ 2020 ГОДА

Моя карьера развивалась в XX веке — эпохе физики, электроники, высокоскоростной коммуникации и транспорта. Всем нам (и в первую очередь нашим студентам) посчастливилось дожить до вступления в XXI век — эпоху, в которой основную роль, очевидно, будут играть биология и информация.

В связи с переменами, которым мы являемся свидетелями, пришло время переосмыслить и инженерное образование. Оглядываясь на более чем 35-летний опыт работы преподавателем инженерного вуза, я понимаю, что многие вещи претерпели кардинальные изменения, а некоторые несколько не изменились. За последние 35 лет мы столкнулись с необходимостью сделать обучение на первом курсе более захватывающим, обратиться к реальной инженерной практике и привнести в инженерную профессию богатство и разнообразие человеческой деятельности. Современные студенты должны уметь совмещать естественные и информационные науки на нано-, микро- и макроуровнях, владеть профессиональной этикой и ощущать социальную ответственность, быть твор-

ческими личностями и новаторами, иметь развитые навыки устного и письменного общения. Студенты должны быть готовы стать гражданами мира и понимать, какой вклад могут внести инженеры в развитие общества. Они должны понимать принципы развития бизнеса, быть экспертами в области разработки и производства продукции, знать, как *планировать, проектировать, производить и применять* сложные инженерные системы. Они должны вести профессиональную деятельность, применяя принципы устойчивого развития, и быть готовы жить и работать в глобальном мире. Трудная задача... возможно, даже невыполнимая.

Но так ли это на самом деле? В стенах Массачусетского технологического института и других вузов я встречаю студентов, способных выполнить все перечисленные требования, и даже больше. Значит, мы должны стремиться к большему. Вопрос лишь в том, каким образом мы сможем включить все обозначенные аспекты в образовательную программу? Что из имеющегося опыта должно быть сохранено, а что необходимо изменить?

Задумываясь о предстоящих переменах, важно помнить, что некоторые вещи остаются неизменны. Так, например, студентами по-прежнему движут страсть, любопытство, чувство сопричастности и мечты. И хотя мы не можем точно знать, чему их следует учить, мы можем обратить внимание на условия и контекст образования, а также на идеи, стимулы и реальные проекты, с которыми могут столкнуться выпускники вузов.

Другой неизменный фактор — потребность студентов в приобретении прочной научной основы, базовых инженерных знаний и аналитических навыков. С моей точки зрения, глубокие фундаментальные знания по-прежнему остаются наиболее важным преимуществом подготовки инженеров в университете. Наше представление об инженерных принципах было сформировано под воздействием так называемой научно-технической революции. Она зародилась во многом благодаря преподавателям Массачусетского технологического института, которые, используя опыт создания радиолокационных систем во время Второй мировой войны, разработали принципиально новый

подход к инженерной профессии и инженерному образованию. Огромным достоянием этой эпохи стал новый мир инженерного образования, созданный при участии многих университетов. Он был построен на прочной научной основе вместо традиционного феноменологического подхода, изучения графиков и инструкций, выполнения лабораторных практикумов. Создатели новой концепции инженерного образования не стремились лишать инженерную деятельность присущего ей азарта, запрещать студентам проектировать и строить, работать в команде и следовать законам этики. Однако что-то было утеряно на новом пути. Сейчас нам предстоит переосмыслить инженерное образование и найти баланс.

Возможно, я слишком старомоден, но я по-прежнему убежден, что мастерски спланированные и прочитанные лекции — превосходный метод обучения. Они все еще необходимы. Тем не менее даже мне приходится признать правоту любимого изречения моего друга, лауреата Нобелевской премии по физике 1969 г. Мюррея Гелл-Манна: «Нам нужно уходить от мудреца на сцене к гиду, стоящему в стороне». Студийное обучение, командные проекты, решение задач, проведение экспериментов и исследований должны стать неотъемлемыми элементами инженерного образования.

Философия подхода *CDIO* подхватила эти главные особенности современного инженерного образования — увлеченность инженерной деятельностью, глубокое усвоение базовых навыков и понимание вклада инженеров в развитие общества. Подход *CDIO* позволяет разжечь в наших студентах страсть к профессии.

Я советую вам познакомиться с этим комплексным подходом и задуматься о том, как он может повлиять на подготовку специалистов по инженерным программам в вашем вузе.

Чарльз М. Вест,
президент Национальной
инженерной академии США

Предисловие ко второму изданию

После выхода в свет первого издания книги «Переосмысление инженерного образования: подход *CDIO*» количество университетов, применивших подход *CDIO* хотя бы к одной инженерной программе и присоединившихся к инициативе *CDIO*, увеличилось в 4 раза. Хотя базовые принципы, положенные в основу подхода, не изменились, в настоящее время область его применения значительно расширилась и включает, например, химическую технологию, биоинженерию, горную промышленность. В последнее время общие принципы подхода *CDIO* также применяются к программам по менеджменту и к другим областям профессиональной подготовки.

Основные документы подхода были пересмотрены. В перечень результатов обучения *CDIO Syllabus 2.0* были добавлены два раздела, касающиеся лидерства и предпринимательства. Таким аспектам, как этика, социальная ответственность и устойчивое развитие было уделено большее внимание по сравнению с предыдущей версией перечня, где они не выделялись как отдельные пункты. В стандартах *CDIO 2.0* появились рубрики для самооценки. Общая структура глав книги по-прежнему соответствует стандартам *CDIO*. По сравнению с первым изданием были пересмотрены главы, посвященные вопросам применения подхода, истории и перспективам инженерной деятельности.

В главе 1 подход *CDIO* представлен как направление комплексного реформирования инженерного образования во всем мире. Здесь описаны ключевые особенности подхода: понимание важности обучения в контексте инженерной практики, определение планируемых результатов обучения студентов, разработка учебного плана и применение методик обучения, в которых дисциплинарные знания интегрируются с универсальными, а также профессиональными навыками и личностными качествами. Особенность подхода — проведение исследовательски-ориентированных мероприятий, которые в значительной степени повышают качество высшего инженерного образования. Таким образом, глава 1

представляет собой сводный аналитический обзор, предваряющий изложение последующего материала книги. Во втором издании произошло два изменения. Во-первых, в главу 1 из главы 2 был перенесен раздел «Необходимость перемен», чтобы усилить обоснование необходимости нового подхода к инженерному образованию (подхода *CDIO*) и подчеркнуть актуальность книги. Во-вторых, было дано определение термину «инициатива *CDIO*». Теперь он используется исключительно для обозначения сообщества, состоящего из более чем 100 университетов, которые сотрудничают в вопросах применения подхода *CDIO* к инженерным программам. Впервые инициатива *CDIO* упоминается в главе 8 раздела, посвященного описанию ресурсов, разработанных в целях оказания поддержки применению подхода *CDIO*.

В первом издании книги глава 2 касалась основных отличительных характеристик подхода *CDIO*, начиная от описания основной задачи и заканчивая целями, видением проблемы и педагогическими принципами подхода. В этой же главе представлены основные положения перечня результатов обучения *CDIO* и стандартов *CDIO*, а также способов адаптации и применения подхода, подробно описанные в последующих главах. Название главы «Обзор» изменилось на «Подход *CDIO*», чтобы подчеркнуть степень детализации описания. Кроме того, был пересмотрен раздел «Требования к реформированию инженерного образования». Обновленный раздел призван объяснить основополагающий принцип подхода *CDIO*, который заключается в применении модели «планирование—проектирование—производство—применение» как контекста инженерного образования. Наконец, в этой главе подробно рассмотрены пять новых контекстных факторов, которые оказали очевидное влияние на развитие подхода *CDIO* с момента выхода первого издания: устойчивое развитие, глобализация, инновации, лидерство и предпринимательство.

В главе 3 мы подробнее останавливаемся на истории создания и содержании *CDIO Syllabus*, т.е. системы знаний, навыков и личностных качеств, необходимых современным инженерам и лежащих в основе реформы инже-

нерных образовательных программ. Здесь объясняется необходимость формулирования результатов обучения в терминах личностных и межличностных компетенций, навыков создания объектов, процессов и систем, дисциплинарных знаний. В главе 3 произошло три основных изменения. Во-первых, *CDIO Syllabus* был обновлен и расширен до версии 2.0. Во-вторых, глава была дополнена обсуждением способов включения в *CDIO Syllabus 2.0* пяти новых факторов, речь о которых шла в главе 2. В-третьих, был пересмотрен последний раздел главы в целях описания процедуры определения уровня сформированности навыков и уточнения формулировок результатов обучения на основе *CDIO Syllabus*. Примеры анкетирования заинтересованных сторон, вошедшие в первое издание, сохранены, но подверглись значительным сокращениям. Наш коллега Перри Дж. Армстронг, профессор Королевского университета Белфаста, участвовавший в написании главы 3, к сожалению, скончался после выхода первого издания книги. Однако мы сохранили его имя в числе авторов из благодарности за огромный вклад, который он внес, работая над главой. Мы также благодарны профессору Ливерпульского университета Питеру Дж. Гудхью за обновление примера 3.1. *Соответствие CDIO Syllabus стандартам UK-SPEC.*

В главе 4 обосновывается учебный план, в котором интегрированы инженерные навыки и дисциплинарные знания. Кроме этого, здесь предлагается технология проектирования учебного плана на основе анализа существующей программы и условий ее реализации с применением методов проектирования и внедрения интегрированного учебного плана. На дополнительном рисунке в примере 4.1 представлены компоненты интегрированного учебного плана и сделан акцент на важности интеграции и поступательного движения в процессе обучения. Новый пример, подготовленный нашими коллегами из Сингапурского политехнического института (пример 4.3), демонстрирует интегрированный учебный план, охватывающий все программы вуза. Для большей ясности многие количественные данные были уточнены.

Цели главы 5 переформулированы. Глава дополнена разделом, посвященным описанию проектно-внедренческой деятельности и соответствующих педагогических моделей. Вся глава была пересмотрена с позиции знаний и опыта, приобретенных с 2007 г. до настоящего времени. Мы также попытались обобщить свои идеи и убрать ссылки на конкретные программы в области машиностроения и аэрокосмической отрасли, кроме тех случаев, когда это необходимо. В новом разделе более четко проведены аналогии проектно-внедренческой деятельности с существующими педагогическими моделями проблемно-ориентированного и проектно-организованного обучения. Общий акцент сделан на постоянное повышение комплексности результатов обучения и формирование инженерных навыков и компетенций в процессе выполнения нескольких последовательных проектов, предусматривающих приобретение опыта проектно-внедренческой деятельности. С целью устранения неясностей некоторые примеры даны в сокращенном варианте или опущены. В частности, пример 5.1. *Модель управления проектами в Университете Линчепинга* исключен, так как он ранее описывался в главе 4. Раздел, посвященный рабочему пространству, стал более ориентирован на функции и обучение, при этом меньше внимания уделяется описанию организационных вопросов и используемого оборудования.

Основная цель главы 6 — описание процесса реализации интегрированного обучения на уровне отдельных дисциплин в контексте ожиданий студентов. Здесь предлагается модель конструктивного соответствия, приводятся примеры активного и практико-ориентированного обучения. Наконец, в этой главе описываются способы реализации учебных мероприятий, обладающих большим стимулирующим потенциалом, способных повысить привлекательность инженерного образования. Термин «личностные, межличностные компетенции и навыки создания объектов, процессов и систем» замещен понятием «профессиональные навыки», кроме случаев, когда он встречается в стандартах 7 и 8 *CDIO* или когда необходима конкретизация значений. Обсуждение концеп-

туальных тестов и использование компьютеров при проведении опросов вошли в раздел, посвященный методу перекрестного обучения в соответствии с результатами исследований и сложившейся практикой. Раздел, посвященный поддержке преподавателей, участвующих в процессе внедрения интегрированного обучения, перенесен в одну из последующих глав в рамках общего обсуждения вопросов, связанных с повышением квалификации преподавателей.

В главе 7 подчеркивается значение оценки результатов освоения образовательных программ и приведения методов оценивания в соответствие с методами преподавания. Кроме этого, даны примеры различных методов оценки. В этой главе также произошли изменения, способствующие большей ясности изложения и подчеркивающие очевидную взаимосвязь с предыдущей главой «Преподавание и обучение». Модель конструктивного соответствия учебного плана, методов преподавания и оценки, описанная в главе 6, здесь вновь рассматривается сквозь призму оценки. Вместо примера использования портфолио в одном из вузов приводится вариант оценочного листа, который, будем надеяться, найдет свою сферу применения. В завершении главы объясняется взаимосвязь между результатами оценки и непрерывным улучшением, а также описываются основные преимущества и проблемы оценки результатов обучения.

В главе 8 приводятся основные факторы, влияющие на успех организационных изменений в вузе и разработку программы CDIO как примера изменения его культуры. Здесь также предлагаются мероприятия, позволяющие лидерам реформы повысить квалификацию преподавателей как в области личностных и межличностных компетенций и навыков создания объектов, процессов и систем, так и в области преподавания и оценивания. Кроме того, в главе 8 описаны ресурсы, способствующие адаптации и применению подхода CDIO к инженерным программам. Два новых примера иллюстрируют, как факторы изменений, описанные в этой главе, повлияли на реформу системы образования на уровне отдельного факультета и университета в целом.

Глава 9 посвящена описанию целей и задач оценки программы на основе стандартов *CDIO* как способа вынесения суждения об успехе применения подхода *CDIO* в рамках отдельной программы. Здесь речь идет об особенностях оценки программы на основе стандартов и других ключевых вопросах, лежащих в основе оценки программы, разнообразии методов оценки, связей между оценкой, постоянным улучшением и обеспечением качества программ, применяющих подход *CDIO*. Раздел «Методы сбора данных и оценки программ» был дополнен кратким описанием исследований по оценке эффективности программ студентами. Основным изменением, однако, стало включение в стандарты *CDIO* рубрик по самооценке.

Как и в первом издании, в главе 10 описываются исторические условия появления идеи реформирования инженерного образования с применением подхода *CDIO*. Здесь обсуждаются основополагающие и часто задаваемые вопросы, касающиеся целей, содержания и структуры инженерного образования. Описание технических вузов и различных подходов к обучению дано с позиции национальных различий и противоречий между теорией и практикой. Глава заканчивается обсуждением современных проблем инженерного образования и задач, стоящих перед ним в связи с ориентацией образования на науку и необходимостью формирования навыков коммуникации и работы в команде, важных для междисциплинарного взаимодействия и проектирования. Здесь обсуждаются новые компетенции, которые должны иметь инженеры в области экологии и климатологии, антропогенной среды, взаимодействия с клиентами, глобализации и предпринимательства. Педагогические приемы, применяемые разными вузами, зависят от страны и традиций, в свете чего актуальность приобретает гибкость подхода *CDIO*, что позволяет применять его в разных ситуациях.

В последней главе дается обзор изменений, происшедших в подходе *CDIO* после 2007 г., и подчеркивается увеличение количества университетов-партнеров, применяющих данный подход для разработки своих программ. Как и в первом издании, здесь определяются факторы, стимулирующие изменения в инженерном образовании.

В разделе, посвященном перспективам развития подхода *CDIO* и предполагаемому расширению инициативы *CDIO* (сообщества университетов, применивших подход *CDIO* хотя бы к одной инженерной программе), описываются достижения в областях, намеченных в 2007 г., а также потенциал проекта и направления его развития в будущем.

Мы благодарны за вклад наших коллег в написание каждой главы и за предоставленные ими примеры и кейсы. Как всегда, мы ждем комментариев и желаем всем успеха на пути реформирования инженерного образования.

*Эдвард Ф. Кроули
Йохан Малмквист
Сорен Остлунд
Дорис Р. Бродер
Кристина Эдстрем*

Над книгой работали

Перри Дж. Армстронг — директор по образованию школы машиностроения и аэрокосмической техники Королевского университета Белфаста до своей скоропостижной кончины в 2008 г. Оказал огромное содействие в планировании и проведении реформы инженерного образования и применении подхода *CDIO* в своем университете и других вузах Великобритании, будучи представителем *CDIO* в Великобритании и Ирландии. Участвовал в разработке моделей процесса проектирования образовательной программы *CDIO*, которые используются университетами во многих странах мира по сей день. Премия им. Перри Армстронга ежегодно вручается выпускникам Королевского университета Белфаста, демонстрирующим оптимальный баланс технических знаний и личностных и профессиональных навыков.

Дэрил Дж. Боден — до выхода на пенсию профессор аэрокосмической техники Академии ВВС США (1980–1993) и Военно-морской академии США (1997–2011). В 2002–2011 гг. принимал активное участие в работе инициативы *CDIO* в качестве руководителя программы Военно-морской академии США и в качестве координатора вводного семинара *CDIO*.

Дорис Р. Бродер — эксперт по оценке, до недавнего времени являлась сотрудником Массачусетского технологического института, сейчас находится на пенсии. Принимала активное участие в становлении инициативы *CDIO* с момента ее основания. Проводит семинары для преподавателей инженерных специальностей по вопросам проектирования программ, методики преподавания, методов сбора данных и оценки. На протяжении последних восьми лет консультирует университеты в Чили, Колумбии, Гондурасе и Гватемале. Оказывала содействие в организации регионального представительства *CDIO* в Латинской Америке. Окончила колледжи штата Массачусетс и имеет степень бакалавра (1973 г.) и степень магистра (1977 г.) в области образования. Получила степень доктора философии (*PhD*, 1980 г.) в Индианском университете в области учебных систем.

Мария Кнатсон Ведель — вице-президент по бакалаврскому и магистерскому образованию, профессор Технологического университета Чалмерса. Преподает конструкци-

онные материалы. В течение нескольких лет была членом совета *CDIO* в качестве руководителя команды по разработке тем для изучения. 2006–2011 гг. — руководитель международной магистерской программы «Устойчивое развитие в инженерном деле». Еще раньше исполняла обязанности заместителя директора Центра окружающей среды и устойчивого развития в г. Гетеборге. В 2009 г. была награждена Технологическим университетом Чалмерса за исключительные педагогические достижения. Окончила Технологический университет Чалмерса, имеет степень магистра инженерной физики и степень доктора философии (*PhD*) в области физики.

Питер Дж. Грей — почетный директор по академической оценке Военно-морской академии США. В течение 10 лет отвечал за координацию и реализацию обширной программы оценки академической и институциональной эффективности академии. После выхода на пенсию в качестве приглашенного исследователя работал в Технологическом университете Чалмерса над проектами в рамках подхода *CDIO*. По итогам проекта, поддержанного программой Фулбрайта «Специалист», получил награду за выдающийся вклад от Вьетнамского национального университета, расположенного в г. Хошимине, в благодарность за поддержку в проведении реформы инженерного образования во Вьетнаме.

Сванте Гуннарссон — профессор автоматизации управления факультета электротехники Университета Линчёпинга (Швеция), одного из четырех университетов — основателей инициативы *CDIO*. Председатель комиссии образовательных программ по электротехнике, физике и математике в Университете Линчёпинга. Его научные интересы лежат в области моделирования, идентификации систем и управления в робототехнике. В 2006 г. — председатель 2-й международной конференции *CDIO*.

Горан Густафссон — старший преподаватель Технологического университета Чалмерса, одного из четырех университетов — основателей инициативы *CDIO*. Отвечает за дисциплину «Машиностроение». Свой исследовательский и преподавательский опыт приобрел, работая в трех разных университетах и одной международной инженерной компании. Участник инициативы *CDIO* с момента ее основания.

Окончил Технологический университет Лулео, где получил степень магистра (машиностроение) и доктора философии (*PhD*, механика жидкости).

Ульрик Йоргенсен — профессор филиала Университета г. Ольборга, расположенного в г. Копенгагене, преподает дисциплину «Устойчивые переходы». Участвовал в организации программ, основанных на проектном обучении, в области проектирования и экологического менеджмента на базе Датского технического университета, где он работал до 2012 г. Выпускник Датского технического университета, имеет степень магистра (1979 г.) и доктора философии (*PhD*, 1986 г.) в области инновационной экономики. Руководит Центром проектирования, инновации и устойчивых переходов в Университете г. Ольборга. Занимается вопросами социально-технических трансформаций, реформирования инженерного образования и привлечения пользователей в процесс проектирования.

Эдвард Ф. Кроули — президент-основатель Сколковского института науки и технологий (Сколтех) в Москве. Ранее руководил программой «Инженерное лидерство» фонда Бернарда М. Гордона и института Кембридж-МТИ, открытого на базе Массачусетского технологического института. Возглавлял факультет аэронавтики и астронавтики МТИ. Основатель и содиректор инициативы *CDIO*. Обладатель премии им. Бернарда М. Гордона, учрежденной Национальной инженерной академией США. Член Шведской королевской академии инженерных наук, Королевской академии инженерии (Великобритания), Инженерной академии Китая, а также Национальной инженерной академии США. Получил степень бакалавра (1976 г.), степень магистра (1978 г.) аэронавтики и астронавтики и степень доктора наук (1981 г.) в области аэрокосмических конструкций в Массачусетском технологическом институте.

Яков Куттенкейлер — профессор Королевского технологического института, расположенного в г. Стокгольме (Швеция), преподает морскую архитектуру, участник инициативы *CDIO* с момента ее основания. На протяжении более 15 лет занимался повышением педагогической квалификации как преподаватель, разработчик курса и руководитель магистерских и докторских программ в области аэрокосми-

ческой техники и морской архитектуры. Награжден Королевским технологическим институтом за исключительные педагогические достижения. Часто выступает с лекциями по инженерной педагогике.

Йохан Малмквист — профессор Технологического университета Чалмерса, расположенного в г. Гетеборге (Швеция), одного из четырех университетов-основателей инициативы CDIO, преподает разработку продукта. Исполняет обязанности декана по образованию и руководит программами по машиностроению, автоматизации, промышленному проектированию и морской технике.

Роберт И. Нивоенер — профессор Военно-морской академии США, преподает воздухоплавание. Сопредседатель регионального представителя CDIO в Северной Америке. До начала карьеры преподавателя закончил карьеру летчика-испытателя военно-морских сил США, в том числе служил в компании *Boeing* в качестве старшего летчика-испытателя палубного истребителя-бомбардировщика и штурмовика *F/A-18E/F* «Супер Хорнет». Опыт работы в компании позволил ему оценить значение реформы инженерного образования и повышения готовности инженеров к профессиональной деятельности.

Сорен Остлунд — профессор Королевского технологического института, одного из четырех университетов-основателей инициативы CDIO. Преподает дисциплину «Погрузочное оборудование». 2001–2005 гг. — член совета CDIO. На протяжении десяти лет руководил программой «Транспортное машиностроение» Королевского технологического института, которая была отмечена Шведским национальным агентством по высшему образованию наградой за высокое качество. Окончил Королевский технологический институт, имеет степень магистра авиационной техники и степень доктора философии (*PhD*) в области механики твердого тела.

Диана Х. Содерхолм — старший разработчик образовательных программ в совместном проекте Массачусетского технологического института и Сколтех, директор по образованию совместной программы «Инженерное лидерство» фонда Бернарда М. Гордона и Массачусетского технологического института. Ранее работала разработчиком образовательных

программ на факультете аэронавтики и астронавтики МТИ. Участник инициативы *CDIO* с момента ее основания. В настоящее время занимается исследованием учебных планов в новых университетах, методами активного и экспериментального обучения, формированием инженерного лидерства на разных образовательных уровнях, от базового до профессионального. Училась в Государственном университете Нью-Йорка и Бостонском университете, имеет степень бакалавра (1982 г.) и степень магистра (1985 г.) образования. В 1991 г. окончила Сиракузский университет, где получила степень доктора философии (*PhD*) в области проектирования, развития и оценки образования.

Нхут Тан Хо — профессор Университета штата Калифорния в Нортридже, преподает машиностроение. Окончил Массачусетский технологический институт, где получил степень магистра наук и доктора философии (*PhD*). Получив грант Фулбрайта, участвовал во внедрении подхода *CDIO* во Вьетнаме при содействии Министерства образования и подготовки кадров Вьетнама. В 2012 г. получил награду от Вьетнамского национального университета, расположенного в г. Хошимине. Переводчик книги «Переосмысление инженерного образования: подход *CDIO*» на вьетнамский язык. В настоящее время исполняет обязанности главного советника по вопросам реализации подхода *CDIO* во Вьетнамском национальном университете.

Стефан Хольстрем — доцент Королевского технологического института, расположенного в г. Стокгольме (Швеция), отвечает за дисциплину «Легкие конструкции» и является участником инициативы *CDIO* с момента ее основания. Занимается вопросами повышения педагогической компетенции в Королевском технологическом институте и зарубежных вузах, выступая в качестве преподавателя, разработчика дисциплины или программы и специалиста по вопросам повышения квалификации преподавателей. В 2013 г. был награжден Королевским технологическим институтом за исключительные педагогические достижения.

Александр Чучалин — доктор технических наук, профессор, проректор по образовательной и международной деятельности Национального исследовательского Томского

политехнического университета (ТПУ), первого российского вуза, присоединившегося к инициативе CDIO в 2011 г. Научный редактор перевода второго издания книги «Переосмысление инженерного образования: подход CDIO» на русский язык. С 2002 г. — председатель аккредитационного совета Ассоциации инженерного образования России. Преподает в ТПУ курс «Проектирование, реализация и оценка качества образовательных программ» в рамках программы дополнительного образования «Преподаватель высшей школы». Сертифицированный преподаватель IGIP с 2002 г. лауреат премии Правительства Российской Федерации в области образования в 2011 г.

Кристина Эдстром — доцент по развитию инженерного образования Королевского технологического института, одного из четырех университетов-основателей инициативы CDIO. Руководит реформой образования в Швеции и других странах на протяжении более 15 лет. Член совета CDIO (2005–2013) и административного совета Европейского общества инженерного образования SEFI (2010–2013). В 2012/13 учебном году — директор по развитию образования Сколковского института науки и технологий (Сколтех) в России. Ее курс «Преподавание и обучение в высшей школе» (7,5 ECTS), адаптированный для сотрудников инженерных вузов, прослушали более 600 человек. Окончила Технологический университет Чалмерса со степенью магистра (инженерное дело).

Питер В. Юнг — старший преподаватель факультета аэронавтики и астронавтики Массачусетского технологического института в 1997–2007 гг. До выхода на пенсию участвовал в разработке рабочего пространства для инженерной деятельности в МТИ и других университетах — партнерах CDIO. На протяжении 29 лет состоял на службе в ВВС США, где занимался менеджментом программ и интеграцией запуска военных спутников и ракет-носителей. В 1967 г. окончил МТИ, получив степень бакалавра аэронавтики и астронавтики. В 1979 г. получил степень магистра в области системотехники в Университете Южной Калифорнии.