

УДК 337
ББК 74.5
П26

Редакционный совет серии

ЯРОСЛАВ КУЗЬМИНОВ, ИСАК ФРУМИН, ВАЛЕРИЙ АНАШВИЛИ,
ЕЛЕНА ПЕНСКАЯ, МАРИЯ ЮДКЕВИЧ, СЕРГЕЙ ФИЛОНОВИЧ,
ЛЕВ ЛЮБИМОВ, АЛЕКСАНДР СИДОРКИН, ДАНИИЛ АЛЕКСАНДРОВ,
ВИКТОР БОЛОТОВ

Дизайн серии

ВАЛЕРИЙ КОРШУНОВ

Авторский коллектив

Э.Ф. КРОУЛИ, Й. МАЛМКВИСТ, С. ОСТЛУНД,
Д.Р. БРОДЕР, К. ЭДСТРЕМ

Научный редактор перевода

АЛЕКСАНДР ЧУЧАЛИН

П26 **Переосмысление** инженерного образования. Подход CDIO [Электронный ресурс] / Э. Ф. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд и др. ; пер. с англ. С. Рыбушкиной ; под науч. ред. А. Чучалина ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 504 с.). — М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. — (Библиотека журнала «Вопросы образования»). — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10".

ISBN 978-5-7598-1466-5

В книге рассматривается подход к инженерному образованию, который интегрирует личностные, межличностные и профессиональные навыки с дисциплинарными техническими знаниями с целью подготовить инженера, способного к инновациям и предпринимательству. Инженерное образование ставится в контекст инженерной деятельности, которая включает планирование, проектирование, производство и применение (Conceiving, Designing, Implementing, and Operating — CDIO), т. е. полный жизненный цикл инженерных процессов, продуктов и систем. Кроме того, описываются разработка и применение модели CDIO.

Настоящее издание является руководством по улучшению образовательных программ для подготовки молодых инженеров во всем мире.

УДК 337
ББК 74.5

Деривативное электронное издание на основе печатного издания: Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO [Текст] / Э. Ф. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд и др. ; пер. с англ. С. Рыбушкиной ; под науч. ред. А. Чучалина ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. — 504 с. — (Библиотека журнала «Вопросы образования»). — ISBN 978-5-7598-1218-0.

Translation from English language edition: Rethinking Engineering Education by Edward F. Crowley, Johan Malmqvist, Sören Östlund, Doris R. Brodeur and Kristina Edström.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-7598-1466-5

© Springer International Publishing Switzerland
2007, 2014 Springer is a part of Springer
Science+Business Media. All rights reserved.

© Перевод на русский язык, оформление.
Издательский дом Высшей школы экономики,
2015

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 <i>CDIO</i>	32
КНИГА	36
ЛИТЕРАТУРА	37
2. ПОДХОД <i>CDIO</i>	38
ВВЕДЕНИЕ	38
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГЛАВЫ	39
ПОДХОД <i>CDIO</i>	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 <i>CDIO</i>	78
Перечень планируемых результатов обучения (<i>CDIO Syllabus</i>)	80
<i>CDIO Standards</i>	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. *CDIO SYLLABUS*: 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 *CDIO* 104

Разработка и формирование перечня планируемых результатов обучения *CDIO* 106

Содержание и структура перечня планируемых результатов обучения *CDIO* 108

Согласование *CDIO Syllabus* 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 *CDIO Syllabus* 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 *CDIO* 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 *CDIO* 370

ПРОЦЕСС ПОСТОЯННОГО УЛУЧШЕНИЯ ПРОГРАММЫ 374

ОБЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОГРАММ *CDIO* 378

Предварительные результаты программ *CDIO* 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

Преображение 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