

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---



## **ВСЕМИРНАЯ ИНИЦИАТИВА CDIO**

### *Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus)*

Информационно-методическое издание

Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной

Издательство  
Томского политехнического университета  
2011

УДК 378.662.014.3

ББК 4484(2)72

В 84

В 84

Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 22 с.

Публикация является переводом на русский язык *перечня планируемых результатов обучения выпускников образовательных программ в области техники и технологий (CDIO Syllabus)*, который был выработан участниками Всемирной инициативы CDIO и размещен на официальном сайте проекта «The CDIO™ Initiative»: [www.cdio.org](http://www.cdio.org).

В основе CDIO: *Conceive — Design — Implement — Operate* лежит освоение студентами инженерной деятельности в соответствии с моделью «*Планировать — Проектировать — Производить — Применять*» реальные системы, процессы и продукты на международном рынке. Данный международный проект направлен на устранение противоречий между теорией и практикой в инженерном образовании. Новый подход предполагает усиление практической направленности обучения, а также введение системы проблемного и проектного обучения.

В настоящее время к Всемирной инициативе CDIO присоединились около 70 высших учебных заведений из 25 стран мира, включая Национальный исследовательский Томский политехнический университет (6 октября 2011 года).

CDIO Syllabus (версия 2, 2011 г.) содержит перечень компетенций бакалавров в области техники и технологий, которые планируется сформировать в результате освоения соответствующих образовательных программ в университете, определяются CDIO Syllabus. Перечень состоит из четырех основных разделов, каждый из которых включает четыре уровня декомпозиции.

В процессе разработки и совершенствования CDIO Syllabus участниками проекта производился тщательный сравнительный анализ и согласование содержащихся в нем требований к компетенциям бакалавров в области техники и технологий с требованиями со стороны высокотехнологичных отраслей промышленности, в частности компании Boeing; профессиональных организаций, аккредитующих программы инженерного образования, в частности ABET; европейской рамкой квалификаций EQF и стандартами EUR-ACE; документами международных организаций в области образования, в частности UNESCO Four Pillars of Learning, и другими.

Настоящие материалы подготовлены для работы участников международного семинара «Концепция CDIO по модернизации инженерного образования» (17–18 ноября 2011 г., Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет).

УДК 378.662.014.3

ББК 4484(2)72

© The CDIO™ Initiative, 2011

© Перевод. ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

## Содержание

Планируемые результаты обучения CDIO	
<i>Сокращенный вариант (три уровня декомпозиции)</i> .....	3
Планируемые результаты обучения CDIO	
<i>Полный вариант (четыре уровня декомпозиции)</i> .....	7

# Планируемые результаты обучения CDIO

## CDIO Syllabus (Версия 2, 2011)

Краткое изложение содержания инженерного образования

*Сокращенный вариант (три уровня декомпозиции)*

### **1. ДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗНАНИЯ И ОСНОВЫ**

#### **1.1. БАЗОВЫЕ ЗНАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

1.1.1. Математика (включая статистику)

1.1.2. Физика

1.1.3. Химия

1.1.4. Биология

#### **1.2. КЛЮЧЕВЫЕ ЗНАНИЯ ОСНОВ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕЛА**

(В зависимости от программы)

#### **1.3. УГЛУБЛЕННЫЕ ЗНАНИЯ ОСНОВ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕЛА, МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТАРИЯ**

(В зависимости от программы)

### **2. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ЛИЧНОСТНЫЕ КАЧЕСТВА**

#### **2.1. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ**

2.1.1. Постановка и формулирование проблем

2.1.2. Моделирование

2.1.3. Оценка и качественный анализ

2.1.4. Анализ в условиях неопределенности

2.1.5. Решения и рекомендации

#### **2.2. ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИОБРЕТЕНИЕ ЗНАНИЙ**

2.2.1. Формулирование гипотезы

2.2.2. Информационный поиск (печатные и электронные издания)

2.2.3. Экспериментальные исследования

2.2.4. Проверка и защита гипотезы

#### **2.3. СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ**

2.3.1. Целостное мышление

2.3.2. Возникновение системы и взаимодействия в системе

2.3.3. Расстановка приоритетов и выделение ключевых факторов

2.3.4. Компромиссы, оценки и балансы в решении вопросов

#### **2.4. ПОЗИЦИЯ, МЫШЛЕНИЕ И ПОЗНАНИЕ**

2.4.1. Инициатива и готовность к принятию решения в условиях неопределенности

2.4.2. Настойчивость в достижении цели, изобретательность и гибкость

2.4.3. Креативное мышление

2.4.4. Критическое мышление

2.4.5. Самосознание, самопознание и интеграция знания

2.4.6. Обучение и образование в течение всей жизни

2.4.7. Управление временем и ресурсами

#### **2.5. ЭТИКА, СПРАВЕДЛИВОСТЬ И ДРУГИЕ ВИДЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ**

2.5.1. Этика, честность и социальная ответственность

2.5.2. Профессиональное поведение

2.5.3. Упреждающее видение и смысл жизни

2.5.4. Современные отношения в мире техники и технологии

2.5.5. Одинаковость и различия

2.5.6. Доверие и лояльность

### **3. МЕЖЛИЧНОСТНЫЕ УМЕНИЯ: РАБОТА В КОМАНДЕ И КОММУНИКАЦИИ**

#### **3.1. РАБОТА В КОМАНДЕ**

- 3.1.1. Формирование эффективной команды
- 3.1.2. Управление командой
- 3.1.3. Командный рост и развитие
- 3.1.4. Лидерство в команде
- 3.1.5. Технические и междисциплинарные команды

#### **3.2. КОММУНИКАЦИИ**

- 3.2.1. Коммуникационная стратегия
- 3.2.2. Коммуникационная структура
- 3.2.3. Письменная коммуникация
- 3.2.4. Электронные/мультимедиа коммуникации
- 3.2.5. Графические коммуникации
- 3.2.6. Устная презентация
- 3.2.7. Опрос, слушание, ведение диалога
- 3.2.8. Ведение переговоров, достижение компромисса, разрешение конфликта
- 3.2.9. Отстаивание позиции
- 3.2.10. Установление различных связей и сетевого взаимодействия

#### **3.3. КОММУНИКАЦИЯ НА ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКАХ**

- 3.3.1. Коммуникация на английском языке
- 3.3.2. Коммуникация на языках регионов профессиональной деятельности
- 3.3.3. Коммуникация на других иностранных языках

### **4. ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКЦИИ (СИСТЕМ) В КОНТЕКСТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБЩЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

#### **4.1. СОЦИАЛЬНЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ**

- 4.1.1. Роль и ответственность инженера
- 4.1.2. Влияние инженерной деятельности на общество и окружающую среду
- 4.1.3. Общественное регулирование инженерной деятельности
- 4.1.4. Исторический и культурный контекст
- 4.1.5. Современные проблемы и ценности
- 4.1.6. Развитие глобальных перспектив
- 4.1.7. Необходимость устойчивого развития

#### **4.2. ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЙ И ДЕЛОВОЙ КОНТЕКСТ**

- 4.2.1. Восприятие различных предпринимательских культур
- 4.2.2. Заинтересованные стороны предприятия, цели и стратегия
- 4.2.3. Инженерное предпринимательство
- 4.2.4. Работа в организациях
- 4.2.5. Работа в международных организациях
- 4.2.6. Новые технологии разработки и оценки
- 4.2.7. Экономика и финансовое состояние инженерного проекта

#### **4.3. ПЛАНИРОВАНИЕ, СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И МЕНЕДЖМЕНТ**

- 4.3.1. Изучение потребностей и постановка целей
- 4.3.2. Определение функций, концепции и структуры
- 4.3.3. Системный инжиниринг, моделирование и интерфейс
- 4.3.4. Проектный менеджмент и развитие

#### **4.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

- 4.4.1. Процесс проектирования (продукции /системы)
- 4.4.2. Стадии и методы проектирования
- 4.4.3. Применение знаний при проектировании
- 4.4.4. Дисциплинарный проект

- 4.4.5. Междисциплинарный проект
- 4.4.6. Обеспечение устойчивости, безопасности, эстетичности, управляемости продукции (системы)
- 4.5. ПРОИЗВОДСТВО
  - 4.5.1. Проектирование устойчивого производственного процесса
  - 4.5.2. Процесс производства аппаратной продукции
  - 4.5.3. Процесс производства программной продукции
  - 4.5.4. Интеграция аппаратной и программной продукции
  - 4.5.5. Испытание, проверка, аттестация и сертификация
  - 4.5.6. Производственный менеджмент
- 4.6. ПРИМЕНЕНИЕ
  - 4.6.1. Проектирование и оптимизация устойчивых и безопасных процессов эксплуатации
  - 4.6.2. Обучение применению
  - 4.6.3. Поддержка жизненного цикла продукции (системы)
  - 4.6.4. Системные улучшения и эволюция продукции
  - 4.6.5. Завершение жизненного цикла и утилизация продукции
  - 4.6.6. Управление эксплуатацией

*Дополнительные требования к содержанию инженерного образования в части лидерства и предпринимательства.*

- 4.7. ЛИДЕРСТВО В ИНЖЕНЕРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ
  - Формирование целеустремленности:
    - 4.7.1. Выявление проблем и парадоксов
    - 4.7.2. Творческое мышление и коммуникационные возможности
    - 4.7.3. Определение решения
    - 4.7.4. Создание концепций нового решения
  - Формирование предвидения:
    - 4.7.5. Создание и лидерство в организации и за ее пределами
    - 4.7.6. Планирование и управление проектом до его полного завершения
    - 4.7.7. Реализация проекта/защита решения и критическое обоснование
    - 4.7.8. Инновации – концепция, проектирование и вывод на рынок новых товаров и услуг
    - 4.7.9. Изобретения – разработка новых приборов, материалов и процессов, которые позволят создать новые товары или услуги
    - 4.7.10. Реализация и применение – создание и применение новых товаров и услуг, которые представляют особую ценность
- 4.8. ИНЖЕНЕРНОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО
  - 4.8.1. Создание предприятия, организация и управление его работой
  - 4.8.2. Разработка бизнес-плана
  - 4.8.3. Капитализация компании и финансы
  - 4.8.4. Маркетинг инновационной продукции
  - 4.8.5. Планирование производства продукции и услуг с использованием новых технологий
  - 4.8.6. Инновационные системы, сети, инфраструктура и сервис
  - 4.8.7. Формирование команды и стимулирование инженерных процессов
  - 4.8.8. Управление интеллектуальной собственностью

# Планируемые результаты обучения CDIO

## CDIO Syllabus (Версия 2, 2011)

Краткое изложение содержания инженерного образования

*Полный вариант (четыре уровня декомпозиции)*

### 1. ДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗНАНИЯ И ОСНОВЫ

#### 1.1. БАЗОВЫЕ ЗНАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

*1.1.1. Математика (включая статистику)*

*1.1.2. Физика*

*1.1.3. Химия*

*1.1.4. Биология*

#### 1.2. КЛЮЧЕВЫЕ ЗНАНИЯ ОСНОВ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕЛА

*(В зависимости от программы)*

#### 1.3. УГЛУБЛЕННЫЕ ЗНАНИЯ ОСНОВ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕЛА, МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТАРИЯ

*(В зависимости от программы)*

### 2. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ЛИЧНОСТНЫЕ КАЧЕСТВА

#### 2.1. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ

##### **2.1.1. Постановка и формулирование проблем**

*Данные и характеристики*

*Допущения и источники отклонений*

*Вопросы приоритета в контексте конечных целей*

*План действий (обобщенная модель, аналитическое и численное решение, качественный анализ, экспериментирование и учет неопределенностей)*

##### **2.1.2. Моделирование**

*Допущения для упрощения сложных систем и процессов*

*Концептуальные и качественные модели*

*Количественные модели и имитационное моделирование*

##### **2.1.3. Оценка и качественный анализ**

*Порядки величин, границы, отклонения*

*Проверка на стабильность и ошибки (пределы, единицы измерения и т.д.)*

*Обобщения аналитических решений*

##### **2.1.4. Анализ в условиях неопределенности**

*Неполная и противоречивая информация*

*Вероятностные и статистические модели событий и последствий*

*Анализ технической эффективности и рисков*

*Анализ решений*

*Границы и резервы*

##### **2.1.5. Решения и рекомендации**

*Решения проблем*

*Значимые результаты решений и данные проверок*

*Расхождения в результатах*

*Итоговые рекомендации*

*Возможные улучшения в процессе решения проблем*

#### 2.2. ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИОБРЕТЕНИЕ ЗНАНИЙ

##### **2.2.1. Формулирование гипотезы**

*Основные вопросы исследования*

*Гипотезы для проверки*

*Элементы управления и контрольные группы*

### **2.2.2. Информационный поиск (печатные и электронные издания)**

*Стратегия изучения литературы*

*Исследование информации, литературных источников, электронных баз данных*

*Систематизация и классификация первичной информации*

*Качество и надежность информации*

*Сущность и инновационность информации*

*Вопросы, оставшиеся без ответа*

*Цитаты для ссылок*

### **2.2.3. Экспериментальные исследования**

*Концепция и стратегия эксперимента*

*Меры безопасности при проведении эксперимента*

*Исследования, основанные на методах социальных наук*

*Экспериментальная конструкция*

*Протоколы испытаний и техника проведения эксперимента*

*Экспериментальные измерения*

*Экспериментальные данные*

*Сравнение экспериментальных данных и результатов моделирования*

### **2.2.4. Проверка и защита гипотезы**

*Статистическая достоверность данных*

*Ограничения по использованию данных*

*Заключения, подтвержденные данными*

*Возможные улучшения процессов получения знаний*

## **2.3. СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ**

### **2.3.1. Целостное мышление**

*Система, ее элементы, функции и поведение*

*Междисциплинарный подход, гарантирующий изучение системы по всем значимым аспектам*

*Общественный, предпринимательский и технический контекст системы*

*Внешние взаимодействия и поведение системы*

### **2.3.2. Возникновение системы и взаимодействия в системе**

*Абстракции, необходимые для определения и моделирования сущности или элементов системы*

*Значимые взаимоотношения, взаимодействия элементов и интерфейс системы*

*Функциональные и поведенческие свойства (преднамеренные и непреднамеренные) системы*

*Эволюционная адаптация системы со временем*

### **2.3.3. Расстановка приоритетов и выделение ключевых факторов**

*Все факторы, относящиеся к системе в целом*

*Наиболее активные факторы*

*Распределение энергии и ресурсов для решения ключевых вопросов*

### **2.3.4. Компромиссы, оценки и балансы в решении вопросов**

*Противоречия и факторы компромиссного решения*

*Решения, приводящие к балансу факторов, устраняющие противоречия и оптимизирующие систему в целом*

*Гибкие решения, альтернативные оптимальным, в течение времени жизни системы*

*Возможные улучшения в использовании системного мышления*

## **2.4. ПОЗИЦИЯ, МЫШЛЕНИЕ И ПОЗНАНИЕ**



**2.4.1. Инициатива и готовность к принятию решения в условиях неопределенности**

*Необходимость и возможности для инициативы*

*Лидерство в новых подходах, склонность к соответствующим действиям*

*Решения, основанные на информации, имеющейся «под рукой»*

*Разработка направления деятельности*

*Потенциальные выгоды и риски, связанные с решениями и деятельностью*

**2.4.2. Настойчивость в достижении цели, изобретательность и гибкость**

*Чувство ответственности за результат*

*Уверенность в себе, смелость и энтузиазм*

*Стремление к достижению целей*

*Важность напряженной работы, энергичность и внимание к деталям*

*Решительные действия, достижение результатов и отчетность*

*Адаптация к переменам*

*Изобретательность в использовании ресурсов исходя из ситуации*

*Способность, желание и готовность работать самостоятельно*

*Желание работать в команде, восприятие различных точек зрения, учет мнения других*

*Восприятие обратной связи, критики, желание рефлексировать*

*Баланс между личной и профессиональной жизнью*

**2.4.3. Креативное мышление**

*Концептуализация и абстрагирование*

*Синтез и обобщение*

*Изобретательский процесс*

*Роль творчества в искусстве, естественных и гуманитарных науках, технике и технологиях*

**2.4.4. Критическое мышление**

*Цель и постановка проблемы или вопроса*

*Допущения*

*Логические аргументы и решения*

*Подкрепляющие доказательства, факты и информация*

*Точки зрения и теории*

*Заключения и выводы*

*Рефлексия на качество мышления*

**2.4.5. Самосознание, самопознание и интеграция знания**

*Умения, заинтересованность, знание своих сильных и слабых сторон*

*Расширение возможностей и ответственности за саморазвитие для преодоления слабостей*

*Важность глубины и широты знаний*

*Понимание того, как эффективно и каким образом человек думает*

*Связь знаний воедино и определение структуры знания*

**2.4.6. Обучение и образование в течение всей жизни**

*Мотивация к постоянному самообразованию*

*Навыки самообразования*

*Собственный стиль обучения*

*Отношения с наставниками*

*Способность учиться у других*

**2.4.7. Управление временем и ресурсами**

*Расстановка приоритетов в целях и задачах*

*Важность и (или) неотложность задач*

*Эффективность решения задач*

**2.5. ЭТИКА, СПРАВЕДЛИВОСТЬ И ДРУГИЕ ВИДЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ**

### **2.5.1. Этика, честность и социальная ответственность**

*Этические стандарты и принципы*

*Моральное стремление действовать по принципам, несмотря на неблагоприятные условия*

*Предотвращение конфликтов между профессиональными этическими понятиями*

*Приверженность к выполнению служебных обязанностей*

*Правдивость*

*Приверженность помогать другим и служить обществу в широком смысле*

### **2.5.2. Профессиональное поведение**

*Профессиональная манера держать себя*

*Профессиональная вежливость*

*Международные нормы межличностных отношений*

### **2.5.3. Упреждающее видение и смысл жизни**

*Личное видение будущего*

*Стремление реализовать лидерский потенциал*

*Портфолио профессиональных умений*

*Учет вклада в общество*

*Стимулирование и вдохновение других*

### **2.5.4. Современные отношения в мире техники и технологии**

*Потенциальное влияние новых научных открытий*

*Техническое и социальное воздействие новых технологий*

*Знакомство с современными технологиями и практикой*

*Связь между инженерной теорией и практикой*

### **2.5.5. Одинаковость и различия**

*Приверженность к одинаковому обращению с другими*

*Восприятие различий отдельных работников*

*Восприятие различных исторических условий*

### **2.5.6. Доверие и лояльность**

*Лояльность по отношению к коллегам и команде*

*Признание и подчеркивание вклада других людей в работу*

*Помощь другим в достижении успеха*

## **3. МЕЖЛИЧНОСТНЫЕ УМЕНИЯ: РАБОТА В КОМАНДЕ И КОММУНИКАЦИИ**

### **3.1. РАБОТА В КОМАНДЕ**

#### **3.1.1. Формирование эффективной команды**

*Стадии формирования команды и ее жизненный цикл*

*Задачи и процессы командной работы*

*Распределение ролей и ответственности в команде*

*Цели, потребности и индивидуальные качества (стили работы, культурные различия) членов команды*

*Сильные и слабые стороны команды и ее членов*

*Основные правила конфиденциальности, ответственности и проявления инициативы*

#### **3.1.2. Управление командой**

*Цели и план работы*

*Планирование и содействие эффективному проведению встреч*

*Основные правила работы в команде*

*Эффективные коммуникации (внимательное выслушивание других, сотрудничество, предоставление и получение информации)*

*Позитивная и эффективная обратная связь*

*Планирование, следование графику и реализация проекта*

*Поиск решений проблем (креативность и принятие командных решений)  
Улаживание конфликтов, ведение переговоров, нахождение компромиссов  
Делегирование полномочий членам команды*

### **3.1.3. Командный рост и развитие**

*Стратегии рефлексии, оценки и самооценки  
Навыки управления и развития команды  
Способность к личностному росту внутри команды  
Стратегии коммуникации и отчетности команды*

### **3.1.4. Лидерство в команде**

*Цели и задачи команды  
Управление процессами работы команды  
Виды лидерства и содействия (направление, наставничество, поддержка, делегирование)  
Методы мотивации (поощрение, примеры, признание и др.)  
Наставничество и консультирование*

### **3.1.5. Технические и междисциплинарные команды**

*Работа в различных типах команд:  
Междисциплинарные команды (включая представителей нетехнических дисциплин)  
Малые / большие команды  
Расстояние, распределенные и электронные среды  
Техническое взаимодействие с членами команд  
Работа с представителями нетехнических дисциплин*

## **3.2. КОММУНИКАЦИИ**

### **3.2.1. Коммуникационная стратегия**

*Коммуникативная ситуация  
Цели коммуникации  
Потребности и характер целевой аудитории  
Коммуникативный контекст  
Стратегия коммуникации  
Необходимое сочетание медиа-средств  
Коммуникативный стиль (предложение, рассмотрение, совместная работа, документирование, обучение)  
Содержание и организация*

### **3.2.2. Коммуникационная структура**

*Логические убедительные доводы  
Соответствующая структура и взаимосвязи между идеями  
Подходящие, надежные, точные доказательства  
Лаконичность, точность и ясность языка изложения  
Риторические факторы (предвзятость аудитории)  
Междисциплинарная и мультикультурная коммуникация*

### **3.2.3. Письменная коммуникация**

*Согласованное написание с плавными переходами  
Орфографически, пунктуационно и грамматически верное написание  
Форматирование документов  
Составление технических документов  
Различные стили письма (неформальное, формальное, отчет, резюме и т.д.)*

### **3.2.4. Электронные/мультимедиа коммуникации**

*Подготовка электронных презентаций  
Соответствующие правила при использовании электронной почты, голосовых сообщений, видеоконференций  
Различные электронные стили (чаты, интернет)*

### **3.2.5. Графические коммуникации**

*Создание эскизов и чертежей*

*Создание таблиц, графических объектов и схем*

*Технические чертежи и визуализация*

*Использование графических средств*

### **3.2.6. Устная презентация**

*Подготовка презентаций и использование медиа-средств с выбором соответствующего языка, стиля, временных рамки и темпа*

*Соответствующие невербальные коммуникации (жесты, зрительный контакт, осанка)*

*Четкие ответы на вопросы*

### **3.2.7. Опрос, слушание, ведение диалога**

*Внимательное выслушивание мнений других и стремление их понять*

*Задавание обдуманных вопросов*

*Анализ различных точек зрения*

*Конструктивный диалог*

*Признание идей, которые лучше собственных*

### **3.2.8. Ведение переговоров, достижение компромисса, разрешение конфликта**

*Распознавание потенциальных разногласий, напряженных отношений и конфликтов*

*Переговоры для поиска приемлемых решений*

*Достижение согласия без ущемления основных принципов*

*Сглаживание конфликтов*

### **3.2.9. Отстаивание позиции**

*Четкое выражение собственной точки зрения*

*Объяснение того, как было достигнуто умозаключение или выводы*

*Оценка того, насколько хорошо вы были поняты*

*Адаптация методов отстаивания позиции в зависимости от аудитории*

### **3.2.10. Установление различных связей и сетевого взаимодействия**

*Учет мнений людей, имеющих иные навыки, культуру или опыт*

*Вовлечение и установление связей с разноплановыми личностями*

*Создание социальных сетей*

*Активизирование и использование сетей для достижения целей*

## **3.3. КОММУНИКАЦИЯ НА ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКАХ**

### **3.3.1. Коммуникация на английском языке**

### **3.3.2. Коммуникация на языках регионов профессиональной деятельности**

### **3.3.3. Коммуникация на других иностранных языках**

## **4. ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКЦИИ (СИСТЕМ) В КОНТЕКСТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, ОБЩЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **4.1. СОЦИАЛЬНЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ**

#### **4.1.1. Роль и ответственность инженера**

*Цели и роли в инженерной профессии*

*Ответственность инженеров перед обществом и стабильность будущего*

#### **4.1.2. Влияние инженерной деятельности на общество и окружающую среду**

*Влияние инженерной деятельности на окружающую среду, социальную, знаниевую и экономическую системы в современном мире*

#### **4.1.3. Общественное регулирование инженерной деятельности**

*Роль общества и его представителей в регулировании инженерной деятельности*

*Способы, которыми юридические и политические системы регулируют и влияют на инженерную деятельность*

*Способы, которыми профессиональное сообщество лицензирует и устанавливает стандарты*

*Способы создания, использования и защиты интеллектуальной собственности*

#### **4.1.4. Исторический и культурный контекст**

*Различная природа и история человеческих сообществ, их литературных, философских и художественных традиций*

*Дискурс и анализ, необходимые для обсуждения языков, идей и ценностей*

#### **4.1.5. Современные проблемы и ценности**

*Современные значимые политические, социальные, юридические, экологические проблемы и ценности*

*Процессы становления современных ценностей и роль субъектов в этих процессах*

*Механизмы расширения и распространения знаний*

#### **4.1.6. Развитие глобальных перспектив**

*Интернационализация человеческой деятельности*

*Сходства и различия политических, общественных, экономических, деловых, и технических норм и стандартов в различных культурах*

*Международные и межправительственные соглашения и союзы*

#### **4.1.7. Необходимость устойчивого развития**

*Определение устойчивого развития*

*Цели и важность устойчивого развития*

*Необходимость применения принципов устойчивого развития в инженерной деятельности*

### **4.2. ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИЙ И ДЕЛОВОЙ КОНТЕКСТ**

#### **4.2.1. Восприятие различных предпринимательских культур**

*Различия в процессах, культуре, показателях успехов в разнообразных организационных культурах:*

*Корпоративные / академические / правительственные / некоммерческие / общественные*

*Ориентированные на рынок / плановые*

*Большие / малые*

*Централизованные / распределенные*

*Научно-исследовательские / производственные*

*Зрелые / в стадии развития*

*С длинными / короткими циклами*

*С наличием / отсутствием профсоюза*

#### **4.2.2. Заинтересованные стороны предприятия, цели и стратегия**

*Заинтересованные стороны (владельцы, сотрудники, потребители, др.)*

*Обязательства перед заинтересованными сторонами*

*Миссия, сфера деятельности и цели предприятия*

*Стратегия и распределение ресурсов*

*Основная область деятельности предприятия и рынки*

*Взаимоотношения с ключевыми партнерами и поставщиками*

#### **4.2.3. Инженерное предпринимательство**

*Предпринимательские возможности, которые могут быть реализованы в ходе ведения инженерной деятельности*

*Технологии, обеспечивающие создание новых продуктов и систем*

*Финансовая и организационная структура*

#### **4.2.4. Работа в организациях**

*Функции управления*

*Различные функции и обязанности в организации*

*Обязанности в функциональной и линейной организационных структурах*

*Эффективная работа внутри организации и ее иерархии*

*Изменения, динамика и эволюция в организациях*

#### **4.2.5. Работа в международных организациях**

*Культура и традиции предприятия, как отражение национальной культуры*

*Эквивалентность квалификаций и степеней*

*Правовое регулирование международной деятельности*

#### **4.2.6. Новые технологии разработки и оценки**

*Процесс научно-технологического развития*

*Технологии определения и оценки*

*Перспективы технологического развития*

*Методы защиты интеллектуальной собственности и патенты*

#### **4.2.7. Экономика и финансовое состояние инженерного проекта**

*Финансовые и управленческие цели и показатели*

*Финансирование проекта – вложение и возврат средств, временной график*

*Финансовое планирование и контроль*

*Влияние проектов на финансовую систему, доход и наличные средства предприятия*

### **4.3. ПЛАНИРОВАНИЕ, СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И МЕНЕДЖМЕНТ**

#### **4.3.1. Изучение потребностей и постановка целей**

*Потребности и возможности*

*Потребности потребителей и других участников рынка*

*Возможности, возникающие от появления новых технологий или скрытых потребностей*

*Экологические нужды*

*Факторы, определяющие содержание системных целей*

*Цели предприятия, стратегия, потенциальные возможности, альянсы*

*Информация о конкурентах и бенчмаркинг*

*Этическое, социальное, экологическое, юридическое и законодательное влияние*

*Вероятность изменения факторов, которые влияют на систему, ее цели и ресурсы*

*Системные цели и требования*

*Язык/формат целей и требований*

*Первоначальная постановка целей (на основе потребностей, возможностей и других факторов)*

*Показатели работы системы*

*Требования полноты и непротиворечивости*

#### **4.3.2. Определение функций, концепции и структуры**

*Необходимые функции системы (и характерные параметры)*

*Системные концепции*

*Задание подходящего уровня технологичности*

*Взаимовлияние концепций и их новые сочетания*

*Высокоуровневые архитектурные формы и структуры*

*Декомпозиция целого на составляющие, задание функций составляющим, определение внешнего вида*

#### **4.3.3. Системный инжиниринг, моделирование и интерфейс**

*Необходимые модели, описывающие технические и другие характеристики*

*Анализ внедрения и работы*

*Стоимость и издержки жизненного цикла (проектирование, реализация, функционирование, потенциал и др.)*

*Баланс преимуществ и недостатков различных целей, функций, концепции и структуры и обеспечение их сближения*

#### **4.3.4. Проектный менеджмент и развитие**

*Управление затратами, реализацией и графиком выполнения проекта*

*Назначение контрольных точек и оценка*

*Управление конфигурацией проекта и документация*

*Сравнение выполненной работы с планом*

*Контроль освоения бюджета проекта*

*Оценка и распределение ресурсов*

*Риски и альтернативы*

*Варианты улучшения процесса развития*

### **4.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

#### **4.4.1. Процесс проектирования (продукции /системы)**

*Требования к каждому элементу в соответствии с уровнем целей и требованиями системы*

*Альтернативные решения при проектировании*

*Первоначальный вариант проекта*

*Учет жизненного цикла при проектировании*

*Создание экспериментальных прототипов и пробных образцов*

*Необходимая оптимизация с учетом наличия ограничений*

*Проведение ряда итераций для достижения согласованности*

*Окончательный вариант проекта*

*Приспособление к изменяющимся требованиям*

#### **4.4.2. Стадии и методы проектирования**

*Деятельность на каждой стадии системного проектирования (например, концептуальный, предварительный, детализированный проект)*

*Модели проектирования, соответствующие конкретному проекту (каскадная, спиральная, параллельная и др.)*

*Процессы проектирования единичных, платформенных и вторичных продуктов*

#### **4.4.3. Применение знаний при проектировании**

*Технические и научные знания*

*Модели мышления (метод решения проблем, опрос, системное, творческое и критическое мышление)*

*Предварительная подготовка в заданной области, стандартизация и повторное использование проектов (включая обратный инжиниринг, реструктуризацию и переработку проекта)*

*Сбор информации о проекте*

#### **4.4.4. Дисциплинарный проект**

*Соответствующие техники, средства и процессы*

*Определение характеристик и валидация проекторочных средств*

*Количественный анализ альтернативных решений*

*Моделирование и проверка*

*Оптимизация проекта*

#### **4.4.5. Междисциплинарный проект**

*Взаимосвязи между дисциплинами*

*Отличия в условиях и допущениях*

*Отличия в сущности дисциплинарных моделей*

*Междисциплинарные среды проектирования*

*Междисциплинарный проект*

#### **4.4.6. Обеспечение устойчивости, безопасности, эстетичности, управляемости продукции (системы)**

Проектирование для обеспечения:

*Работы, качества, надежности, расчета издержек и стоимости жизненного цикла*

*Устойчивого развития*

*Безопасности и защиты данных*

*Эстетики*

*Эргономических характеристик, взаимодействия и надзора*

*Внедрения, верификации, проверки и экологической устойчивости*

*Эксплуатации*

*Надёжности эксплуатации и безопасности работы*

*Развития и улучшения продукта*

*Изъятия из эксплуатации, возможности повторного использования и утилизации*

#### **4.5. ПРОИЗВОДСТВО**

##### **4.5.1. Проектирование устойчивого производственного процесса**

*Цели и исходные параметры для процесса внедрения, затраты и качество*

Проектирование системы реализации:

*Распределение функций между подразделениями*

*Рабочие процессы*

*Учет общественных пользователей и операторов*

*Условия устойчивого развития*

##### **4.5.2. Процесс производства аппаратной продукции**

*Изготовление составляющих*

*Сборка составляющих в более крупные конструкции*

*Допуски, отклонения, ключевые характеристики и процесс статистического контроля*

##### **4.5.3. Процесс производства программной продукции**

*Разбивка многоуровневых составляющих на модульные проекты (включая алгоритмы и структуры данных)*

*Алгоритмы (структуры данных, процесс управления, поток данных)*

*Язык программирования*

*Низкоуровневое проектирование (кодирование)*

*Создание системы*

##### **4.5.4. Интеграция аппаратной и программной продукции**

*Интеграция программного обеспечения в электронную технику (размер процессора, коммуникации и т.д.)*

*Интеграция программного обеспечения с датчиками, приводами и механической техникой*

*Функционирование и безопасность программной и аппаратной продукции*

##### **4.5.5. Испытание, проверка, аттестация и сертификация**

*Процедуры испытания и анализа (аппаратного и программного обеспечения и др.)*

*Проверка рабочих характеристик на соответствие требованиям системы*

*Соответствие рабочих характеристик запросам потребителей*

*Сертификация на соответствие стандартам*

##### **4.5.6. Производственный менеджмент**

*Организация и структура реализации проекта*

*Ресурсы и партнеры*

*Сети поставщиков и логистика*

*Контроль над издержками на производство, выполнением графика работ*



*Обеспечение качества  
Общественное здоровье и безопасность  
Защита окружающей среды  
Возможные улучшения в процессе производства*

#### **4.6. ПРИМЕНЕНИЕ**

##### **4.6.1. Проектирование и оптимизация устойчивых и безопасных процессов эксплуатации**

*Цели и измеримые показатели для эксплуатационных характеристик, издержки и стоимость  
Устойчивые рабочие процессы  
Безопасные и надежные рабочие процессы  
Структура рабочих процессов и их развитие  
Анализ и моделирование рабочих процессов*

##### **4.6.2. Обучение применению**

*Обучение выполнению профессиональных работ:  
Моделирование контекста  
Инструктирование и обучение  
Процедуры*

*Обучение работе с потребителями  
Производственные процессы  
Взаимосвязь между производственными процессами*

##### **4.6.3. Поддержка жизненного цикла продукции (системы)**

*Техническое обслуживание и логистика  
Рабочие процессы жизненного цикла и надежность  
Издержки и стоимость обслуживания жизненного цикла  
Обратная связь для улучшения работы системы*

##### **4.6.4. Системные улучшения и эволюция продукции**

*Предварительное планирование улучшений продукции  
Возможные улучшения, выявленные в ходе наблюдений за применением продукции  
Развивающие обновления системы  
Неплановые улучшения/решения, обусловленные производственной необходимостью*

##### **4.6.5. Завершение жизненного цикла и утилизация продукции**

*Завершение полезного рабочего цикла  
Способы снятия с эксплуатации / утилизации  
Остаточная стоимость  
Учет вопросов охраны окружающей среды при утилизации*

##### **4.6.6. Управление эксплуатацией**

*Организация и структура эксплуатационных операций  
Партнеры и альянсы  
Контроль над издержками, выполнением графика работ  
Обеспечение качества и безопасности  
Возможные улучшения в процессе производства  
Управление жизненным циклом работ  
Общественное здоровье и безопасность  
Защита окружающей среды*

**Дополнительные требования к содержанию инженерного образования в части лидерства и предпринимательства.**

#### **4.7. ЛИДЕРСТВО В ИНЖЕНЕРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Инженерное лидерство строится на факторах, которые уже отмечены выше, включая:

- **Позиция лидерства – ключевые личностные качества и характер**, включая разделы: *Позиции, мышление и познание (2.4), Этика, справедливость и другие виды ответственности (2.5)*
- **Отношения с людьми**, включая разделы из *Командной работы(3.1), Коммуникации (3.2) и Коммуникации на иностранных языках (3.3)*
- **Понимание контекста**, включая разделы: *Социальный и экологический контекст (4.1), предпринимательский и деловой контекст (4.2), Планирование, системный инжиниринг и менеджмент (4.3) и Системное мышление (2.3).*

Дополнения, формирующие **целеустремленность**:

**4.7.1. Выявление проблем и парадоксов (в развитие раздела 4.3.1 Изучение потребностей и постановка целей)**

*Синтезирование потребностей или возможностей (которые могут быть удовлетворены технически)*

*Уточнение главных вопросов*

*Определение границ проблемы, которую необходимо решить*

*Определение парадоксального явления для исследования*

**4.7.2. Творческое мышление и коммуникационные возможности (в развитие раздела 2.4.3. Креативное мышление)**

*Способы создания новых идей и подходов*

*Новые взгляды на технические системы, которые отвечают запросам потребителей и общества*

*Коммуникационные концепции для продуктов и предприятий*

*Ясное видение будущего*

**4.7.3. Определение решения (в развитие раздела 4.3.1 Изучение потребностей и постановка целей)**

*Замысел реализации инженерного решения*

*Достижимые цели обеспечения качества, выполнения бюджета и графика*

*Учет интересов потребителей*

*Учет технологических возможностей*

*Учет влияния законодательных, политических и конкурирующих сил*

**4.7.4. Создание концепций нового решения (развитие 4.3.2 и 4.3.3)**

*Определение требований и характеристик*

*Высокоуровневая концепция решения*

*Архитектура и интерфейсы*

*Согласование с другими проектами предприятия*

*Согласование со стратегией, ресурсами и структурой предприятия*

Дополнения, формирующие **предвидение**:

**4.7.5. Создание и лидерство в организации и за ее пределами (развитие 4.2.4 и 4.2.5)**

*Наем ключевых членов команды, обладающих взаимодополняющими навыками*

*Становление процессов работы команды и технического взаимодействия*

*Определение ролей, обязанностей и методов стимулирования*

*Руководство принятием группового решения*

*Оценка работы и прогресса группы*

*Помощь в формировании компетенций других сотрудников и преемственность*

*Привлечение внешних партнеров, обладающих другими компетенциями*  
**4.7.6. Планирование и управление проектом до его полного завершения (развитие 4.3.4)**

*План действий и альтернативных решений для завершения проектов в назначенный срок*

*Отклонение от плана и перепланирование*

*Управления человеческими, временными, финансовыми и техническими ресурсами для выполнения плана*

*Риски, структура и документация по программе*

*Экономические аспекты программы и влияние на них принятых решений*

**4.7.7. Реализация проекта/защита решения и критическое обоснование (развитие 2.3.4. и 2.4.4)**

*Принятие сложных технических решений в условиях неточной и неполной информации*

*Опрос и критическая оценка решений, принятых другими*

*Подтверждение входных данных информацией из нескольких источников*

*Оценка фактических данных и определение достоверности ключевых предположений*

*Способность понять альтернативные решения, предложенные другими*

*Экспертная оценка ожидаемого развития всех решений в будущем*

**4.7.8. Инновации – концепция, проектирование и вывод на рынок новых товаров и услуг (развитие 4.3 и 4.4)**

*Проектирование и вывод на рынок новых товаров и услуг*

*Проектирование решений, отвечающих запросам потребителя и общества*

*Проектирование решений, основанных на балансе новых и существующих технологий*

*Надежные, гибкие и адаптируемые продукты*

*Учет текущей и будущей конкуренции*

*Проверка эффективности решения*

**4.7.9. Изобретения – разработка новых приборов, материалов и процессов, которые позволят создать новые товары или услуги (развитие 4.2.6)**

*Научно-технологическая основа и возможности*

*Возможности воображения*

*Изобретение прибора или процесса, которые позволят создать новые товар или услугу*

*Соблюдение правил защиты интеллектуальной собственности*

**4.7.10. Реализация и применение – создание и применение новых товаров и услуг, которые представляют особую ценность (развитие 4.5 и 4.6)**

*Руководство производством и применением*

*Необходимость обеспечения качества*

*Безопасность работ*

*Процессы доведения ценности до потребителя и общества*

Комментарий: Последние три раздела представляют высший уровень ключевых процессов инженерной деятельности: планирование, проектирование, производство и применение.

**4.8. ИНЖЕНЕРНОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО**

Инженерное предпринимательство включает все аспекты разделов:

- *Социальный, экологический, предпринимательский и деловой контекст (4.1 и 4.2)*

- *Планирование, проектирование, производство и применение (4.3-4.6)*

- *Инженерное лидерство (4.7)*

Дополнения, связанные с **особыми умениями в области инженерного предпринимательства**:

**4.8.1. Создание предприятия, организация и управление его работой**

*Создание правосубъектной организации и ее финансовой структуры*

*Команда партнеров, оказывающих поддержку (банк, юрист, бухгалтерия и т.д.)*

*Учет местных трудовых законов и практики*

*Формирование управленческой команды*

*Утверждение первоначальной организации*

*Совет компании*

*Консультанты компании*

**4.8.2. Разработка бизнес-плана**

*Мировые потребности, которые вы собираетесь удовлетворить*

*Технология, которая обеспечит создание продукта*

*Команда, которая сможет создать продукт*

*План развития*

*Использование капитала*

*Стратегия ликвидности*

**4.8.3. Капитализация компании и финансы**

*Необходимый капитал и временной диапазон запросов (до достижения следующего контрольного рубежа)*

*Инвесторы как источник капитала*

*Альтернативные источники финансирования (правительство и т.д.)*

*Схема инвестирования (условия, цены и т.д.)*

*Финансовый анализ для инвесторов*

*Управление финансами*

*Промежуточные контрольные точки расходования средств на пути к прогрессу*

**4.8.4. Маркетинг инновационной продукции**

*Размер потенциального рынка*

*Анализ конкурентоспособности*

*Проникновение на рынок*

*Отношения с потребителями*

*Ценообразование продукта*

*Организация распродаж*

*Поставка потребителям*

**4.8.5. Планирование производства продукции и услуг с использованием новых технологий**

*Доступные новые технологии*

*Оценка состояния готовности технологии*

*Оценка возможностей предприятия к инновациям на основе новой технологии*

*Оценка вклада технологии в создание продукта*

*Оценка технологий через мнения партнеров, наличие лицензии и т.д.*

*Команда, которая превратит технологию в конечный продукт*

**4.8.6. Инновационные системы, сети, инфраструктура и сервис**

*Связи для успеха предприятия*

*Консультирование руководства предприятия*

*Поддерживающие финансовые службы*

*Инвесторские сети*

*Поставщики*

**4.8.7. Формирование команды и стимулирование инженерных процессов**

*Наем команды сотрудников с оптимальным сочетанием навыков*

*Запуск технических процессов*

*Формирование культуры инженерной деятельности*

*Формирование процессов предприятия*

**4.8.8. Управление интеллектуальной собственностью**

*Область действия интеллектуальной собственности продукта или технологии*

*Стратегия охраны интеллектуальной собственности – наступление и защита*

*Зарегистрированные патенты и подача предварительной заявки на патент*

*Юридическая поддержка вопросов об интеллектуальной собственности*

*Предпринимательские возможности, которые могут быть реализованы технологией*

*Технологии, которые могут создавать новые продукты и системы*

*Финансирование и организация предпринимательской деятельности*

# ВСЕМИРНАЯ ИНИЦИАТИВА CDIO

## *Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus)*

Информационно-методическое издание

Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 11.11.2011. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл. печ. л. 0,99. Уч.-изд. л. 0,89.  
Заказ 1668-11. Тираж 70 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)