

«Реализации концепции CDIO в образовательных программах бакалавриата в области техники и технологий в ведущих инженерных вузах мира»

Глазачев А.В.

1. Концепция CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate)

Для подготовки специалистов к комплексной инженерной деятельности в ведущих университетах мира реализуется концепция CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate, т.е. Планирование – Проектирование – Производство – Применение), разработанная в Массачусетском технологическом институте (англ. Massachusetts Institute of Technology, MIT) в середине 1990-х гг. с участием ученых, преподавателей и представителей промышленности.

В настоящее время более 90 университетов в 25 странах мира принимают участие в совместном проекте «Всемирная инициатива CDIO» – это ведущие инженерные школы и технические университеты США, Канады, Европы, Соединенного Королевства, России, Африки, Азии и Новой Зеландии. Программа CDIO исходит из принципа, что создание и развитие продуктов и систем на протяжении всего их жизненного цикла создают необходимый контекст инженерного образования.

CDIO создаёт среду инженерного образования, в которой преподаются, усваиваются и применяются на практике технические знания и практические навыки. Начинающие инженеры должны уметь «Планировать – Проектировать – Производить», а также «Применять» сложные продукты и системы в современных условиях и в рамках командной работы. За время обучения они должны научиться управлять инженерными процессами, проектировать и создавать продукты и системы и применять полученные знания, работая в промышленных организациях.

С целью эффективного применения принципов CDIO для модернизации образовательных программ подготовки бакалавров ТПУ был изучен опыт реализации ведущих инженерных вузов США – Массачусетского технологического института и Олин-колледжа (англ. The Franklin W. Olin College of Engineering).

2. Программа подготовки бакалавров AeroAstro (Course 16) MIT

Массачусетский технологический институт (англ. *Massachusetts Institute of Technology*, MIT) – университет и исследовательский центр, расположенный в Кембридже (шт. Массачусетс, США) /рис.1/. Иногда также упоминается как Массачусетский институт технологий и Массачусетский технологический университет. Одно из самых престижных технических учебных заведений США и мира.

MIT занимает лидирующие позиции в престижных рейтингах университетов мира, является новатором в областях робототехники и искусственного интеллекта, а его образовательные инженерные программы, программы в сфере информационных технологий, экономики, физики, химии и математики изданием *U.S. News&World Report*, известным своей системой ранжирования национальных университетов, из года в год признаются лучшими в стране. Институт также известен во многих других областях, включая менеджмент, экономику, лингвистику, политические науки и философию.



Рис. 1. Кампус MIT

Факультет авиации и аэронавтики

На факультете авиации и аэронавтики в области подготовки бакалавров в 1990-2007 г.г. происходили следующие стратегические изменения:

- около 1990-го г.: уклон на технические науки, «традиционная подготовка» по авиации и аэронавтике;
- середина 1990-х г.г.: движение в сторону создания инженерных систем и неявные изменения учебного плана;
- с конца 1990-х по начала 2000-х г.г. произведены стратегические изменения на факультете авиации и аэронавтики:
 - перемещение акцента на средства передвижения, передачу информации в воздушное и космическое пространство и построение сложных систем;
 - привлечение 20 новых сотрудников факультета, расширение связей с факультетом электротехники и информатики и подразделением инженерных систем;
 - реформирование бакалаврских программ: принятие контекста CDIO; 23 млн. долларов на новую среду обучения; создание двух образовательных программ: аэрокосмическая техника, аэрокосмическая техника и информационные технологии.

В настоящее время подготовка по образовательным программам факультета авиации и аэронавтики строится на междисциплинарности в трех областях: системная архитектура и системотехника; машиностроение; информационные технологии (рис. 2).

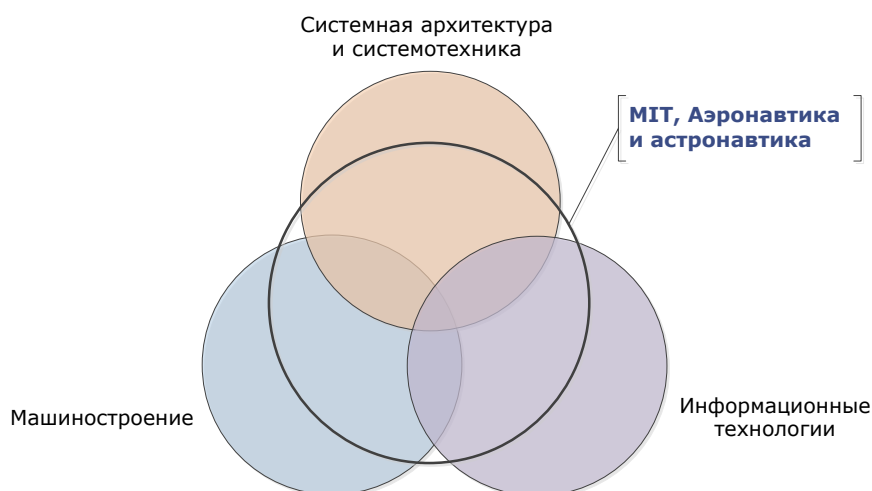


Рис. 2

Стратегические партнеры факультета авиации и аэронавтики:

– внешние, известные мировые компании и лаборатории: Aurora Flight Sciences, Avidyne, Boeing Company, Charles Stark Draper Laboratory, MIT Lincoln Laboratories. Mitsubishi Heavy Industries, NASA Jet Propulsion Laboratory и другие;

– внутренние (внутри МПТ): факультет электротехники и информатики, подразделение инженерных систем; инициатива Энергетика МПТ, центр вычислительной техники; институт военных нанотехнологий; центр операционных исследований.

Цели программы подготовки бакалавров AeroAstro (Course 16)

Программа бакалаврской подготовки AeroAstro готовит студентов, которые способны:

- углубить свои знания основ технических дисциплин;
- быть руководителями в создании и использовании новых продуктов и систем;
- понимать важность и стратегические перспективы научно-технологического прогресса в обществе.

Результаты обучения программы

Результаты обучения программы включают 4 основных результата (первый уровень) и более подробные 16 результатов (второй уровень). Студенты, обучающиеся по бакалаврской программе, продемонстрируют следующие результаты обучения:

1. Знание основ технических дисциплин:

1.1 умение использовать принципы базовых дисциплин, в том числе математики, физики, химии и биологии;

1.2 умение применять базовые знания технических дисциплин в области гидромеханики, физики твердого тела и материалов, динамики, импульсных систем, термодинамики, теории управления, компьютерной и вычислительной техники;

1.3 глубокие знания в области специальных технических дисциплин, включая аэродинамику, строительную механику, конструкции и материалы, ракетные двигатели, авиа- и аэрокосмическую динамику, приемы вычислений, приближительные подсчеты и аэронавигацию, диспетчерское управление, цифровую связь, разработку программного обеспечения, автономность, логические схемы и системы.

2. Совершенствовать способности приобретения новых знаний, решения инженерных задач, системного мышления, других личностных и профессиональных качеств:

2.1 анализировать и решать инженерные задачи;

2.2 проводить исследование и экспериментирование технических проблем;

2.3 думать целостно и системно;

2.4 совершенствовать личностные качества, которые способствуют успешной инженерной деятельности: инициативность, гибкость, творческий подход, любознательность, оптимальное использование времени;

2.5 совершенствовать профессиональные качества, которые способствуют успешной инженерной деятельности: профессиональная этика, системность и осведомленность в своей области, планирование карьеры.

3. Совершенствовать навыки общения и работать в междисциплинарных командах:

3.1 быть лидером и работать в команде;

3.2 эффективно общаться в письменной форме, используя электронные средства, графические средства и устные презентации.

4. Совершенствовать навыки планирования, проектирования, производства и применения (CDIO) систем на производственном и общественном уровне:

4.1 осознавать значение общества в инженерной деятельности;

4.2 признавать различия в корпоративных культурах и успешно работать в разных организациях;

4.3 понимать принцип системности в инженерной деятельности, включая постановку целей, определение функций, моделирование и управление проектами;

4.4 проектировать сложные системы;

4.5 применять знания аппаратного и программного обеспечения и управлять последовательными действиями;

4.6 управлять сложными системами, процессами и операциями.

Программы бакалаврской подготовки

AeroAstro предлагает следующие 4-хлетние программы бакалаврской подготовки:

1. *Аэрокосмическая техника (16-1)*. Данная программа предоставляет базовые знания по дисциплинам, связанным с аэрокосмическими летательными аппаратами.

2. *Аэрокосмическая техника и информационные технологии (16-2)*. Информационные техника и технологии относятся к числу важных дисциплин образовательной программы по аэрокосмической технике. Образовательная программа основывается на базовых аэрокосмических дисциплинах, с дополнительной специализацией в области аэрокосмической информационной технологии.

3. *SB в области техники по предложению кафедры (16-ENG)*. 16-ENG является новой образовательной программой, которая предлагает определенную гибкость в контексте подготовки специалистов в области аэрокосмической техники. Образовательная программа готовит студентов к получению степени бакалавра в области технических наук в соответствии с предложениями кафедры аэронавтики и астронавтики. В рамках обучения по программе 16-ENG, у студентов будут сформированы более глубокие знания и навыки в области инженерии, включая различные специальные дисциплины (например, автономные системы, вычислительная техника, инженерный менеджмент) или более глубокие знания и умения в междисциплинарных областях, таких как энергетика, окружающая среда и устойчивое развитие или исследование космоса. Они логично взаимосвязаны с базовыми дисциплинами бакалаврской программы по аэрокосмической технике в дополнение к 6-ти предметам по выбору с учетом интересов студентов; завершением курса является практическая работа в лаборатории аэрокосмической техники и творческой лаборатории по проектированию.

Структура учебного плана AeroAstro (Course 16)

Учебный план бакалаврской программы состоит из 3-х основных блоков (см. приложение 1):

- Базовый курс обучения – дает студентам основы аэрокосмической техники
- Курс профессиональных и специальных дисциплин – предоставляет студентам более широкие и глубокие знания в области дисци-

плин, изученных в рамках базового курса обучения. Специальные курсы – более глубокие знания в дисциплинах по выбору студента.

- Творческая лаборатория – предусмотрена экспериментальная работа и выполнение проектов на основе знаний, полученных в рамках базового курса обучения, курсов профессиональных и специальных дисциплин.

Профессиональные дисциплины (16-1, 16-2)

Профессиональные дисциплины предоставляют студентам более полные и глубокие знания, их материал изложен в базовом курсе обучения. Студенты должны выбрать четыре профессиональные дисциплины из предложенных 10. Предметы структурированы по двум направлениям: «Аэрокосмическая техника» (**16-1**) и «Аэрокосмическая техника и информационные технологии» (**16-2**). В рамках курса **16-1**, студенты изучают не менее двух дисциплин из области аэрокосмической техники. В рамках курса **16-2**, студенты осваивают не менее трех дисциплин из числа аэрокосмических информационных технологий.

Курс «Аэрокосмическая техника» представляют собой традиционные аэрокосмические дисциплины, неотъемлемой частью которых являются проектирование и создание современных самолетов и космических аппаратов. Предметы курса «Аэрокосмическая техника и информационные технологии» находятся в широкой дисциплинарной области информационных технологий, которые играют все большую роль в создании современных летательных и космических аппаратов.

Экспериментальная работа и творчество

Завершение трех программ включает аэрокосмические лабораторные практикумы и работы в творческой лаборатории. Эти предметы служат для интеграции различных дисциплин и отражают контекст учебной программы: Планирование – Проектирование – Производство – Применение (CDIO).

Работы в творческой лаборатории программы Course 16 способствуют интеграции аэрокосмических дисциплин и широко используют потенциал CDIO учебной программы AeroAstro. Они также удовлетворяют требованиям к коммуникативной компетенции. Дисциплины «Транспортные средства» 16.82 и «Проектирование систем» 16.83 требуют от групп студентов применить свои знания в проектировании си-

стем самолетов или космических аппаратов. Одна из этих двух дисциплин является обязательной, и, как правило, изучается на третьем или четвертом курсе. Студенты должны освоить, по крайней мере, две профессиональные или специальные дисциплины, а также одну из трех дисциплин по 18 кредитов: «Экспериментальные проекты I и II» 16,621/16,622, или «Проектирование летательных аппаратов», или «Проектирование космических систем». Данные дисциплины удовлетворяют требованиям Института по лабораторным практикумам. В дисциплинах «Проектирование летательных аппаратов» 16,821 и «Проектирование космических систем» 16,831 студенты создают и управляют транспортными средствами или системами, разработанными в дисциплинах «Транспортные средства» 16,821 и «Проектирование систем» 16,831. В дисциплинах «Экспериментальные проекты I и II» 16,621/16,622, студенты планируют, проектируют и выполняют экспериментальный научно-исследовательский проект в команде и с научным руководителем.

Специальные дисциплины (16-ENG)

Значительная часть Программы 16-ENG состоит из факультативов выбранных студентом с целью обеспечить углубленное изучение профессиональной области. Представлен широкий спектр специальных дисциплин, в котором тщательно отобранные учебные предметы дополняют курс аэрокосмической техники, соответствующих требованиям MIT. Факультет добавил несколько специальных дисциплин в области автономных систем, средств связи, вычислительной техники, энергетики, управление инженерно-техническими работами, охраны окружающей среды, освоения космоса и транспорта. Специальные дисциплины не ограничиваются перечисленными выше. Студенты могут выбрать заранее определенные дисциплины или могут разработать и предложить технически ориентированную дисциплину, которая отражает их собственные потребности и потребности общества. Все специальные дисциплины должны быть одобрены научным руководителем и комиссией по бакалаврской подготовке AeroAstro.

Эта часть программы обучения должна составлять в общей сложности не менее 1,5 лет (144 кредита), в соответствии с выбранной областью знаний.

Творческая лаборатория

Целью творческой лаборатории является: вовлечь студентов в разработку авиакосмической продукции от идеи до применения с использованием технических наук и инженерной практики. На рис. 3 показаны проекты, которые выполнялись лабораторией с 2000 г. после произведённых стратегических изменений на факультете аэронавтики и астронавтики.

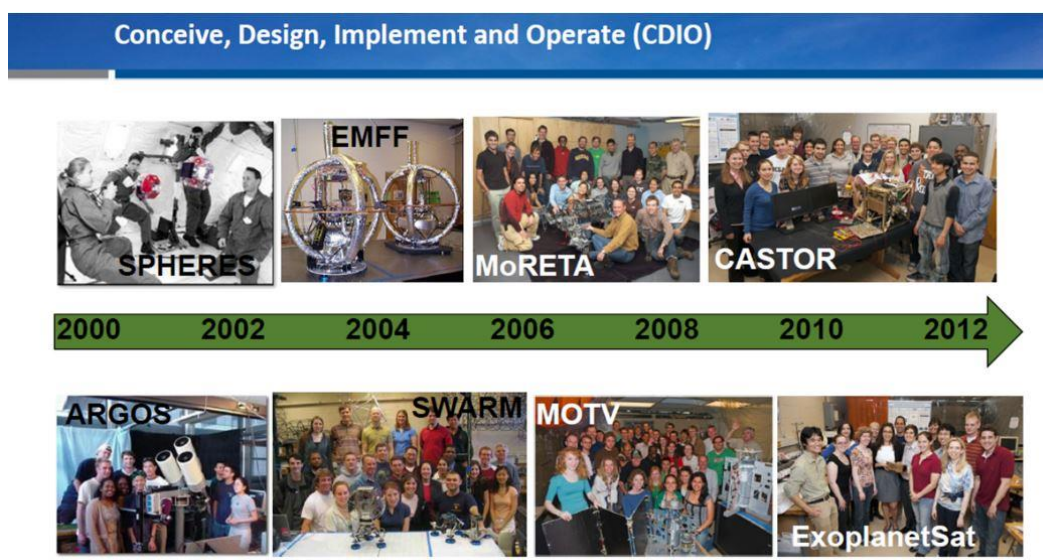


Рис. 3

Например, как развивалась программа SPHERES (Synchronized Position Hold Engage and Reorient Experimental Satellites) /рис. 4. В рамках которой, шла разработка стенда для DARPA, NASA и других исследовательских организаций, используемого для исследований алгоритмов управления, сближения и реконфигурации космических спутников.

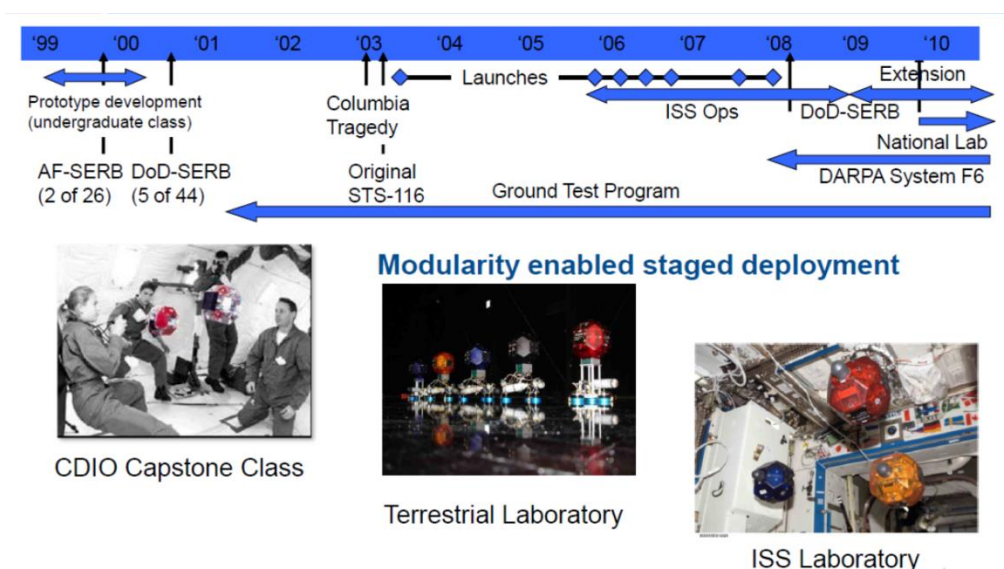


Рис. 4

На рис. 5 представлены результаты работы над проектом 2009–2010 г.г. «Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) для калибровки наземных следящих систем».

Conceive, Design, Implement and Operate (CDIO)

Особенности:

- Сотрудничество с аэрокосмической лабораторией Линкольна;
- Привлечение студентов и аспирантов;
- Проектирование на реальные темы – основа исследовательских проектов;
- Финансирование проекта внешними спонсорами (BVC США).

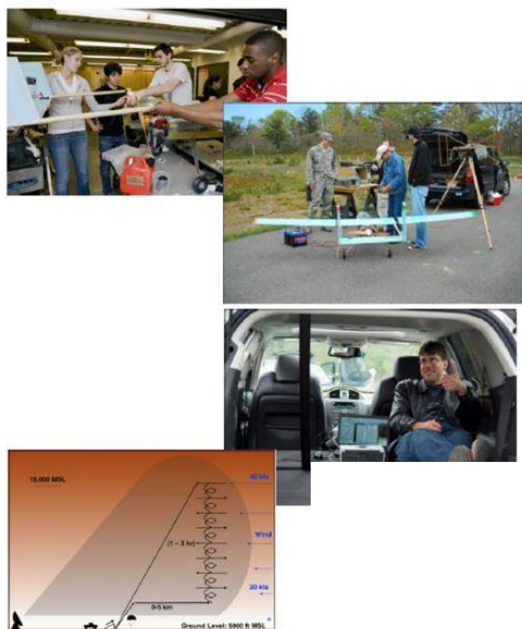
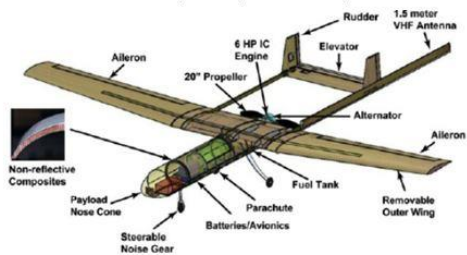


Рис. 5

Текущий проект, который реализуется на факультете авиации и аэронавтики «Дешевый БПЛА воздушной телеметрической системы» (рис. 6).

Conceive, Design, Implement and Operate (CDIO)



- Развертывание с самолета MJU-10/B при помощи пиропатронов вплоть до 30000 футов;
- Зондирование атмосферы до 3 часов;
- Одноразового использования.

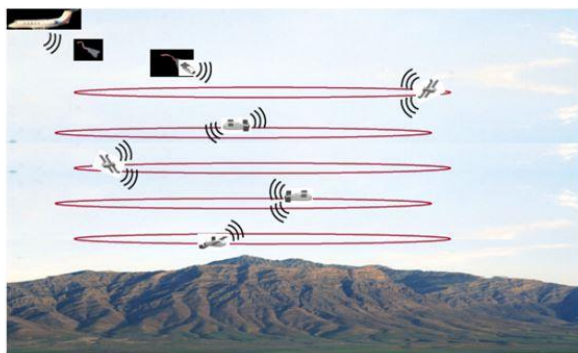


Рис. 6

На рис. 7 показана хронология выполнения проекта по созданию беспилотного летательного аппарата от идеи до изготовления прототипа, а также стоимость затрат, которые не включают затраты по субконтракту с Aurora Flight Sciences.

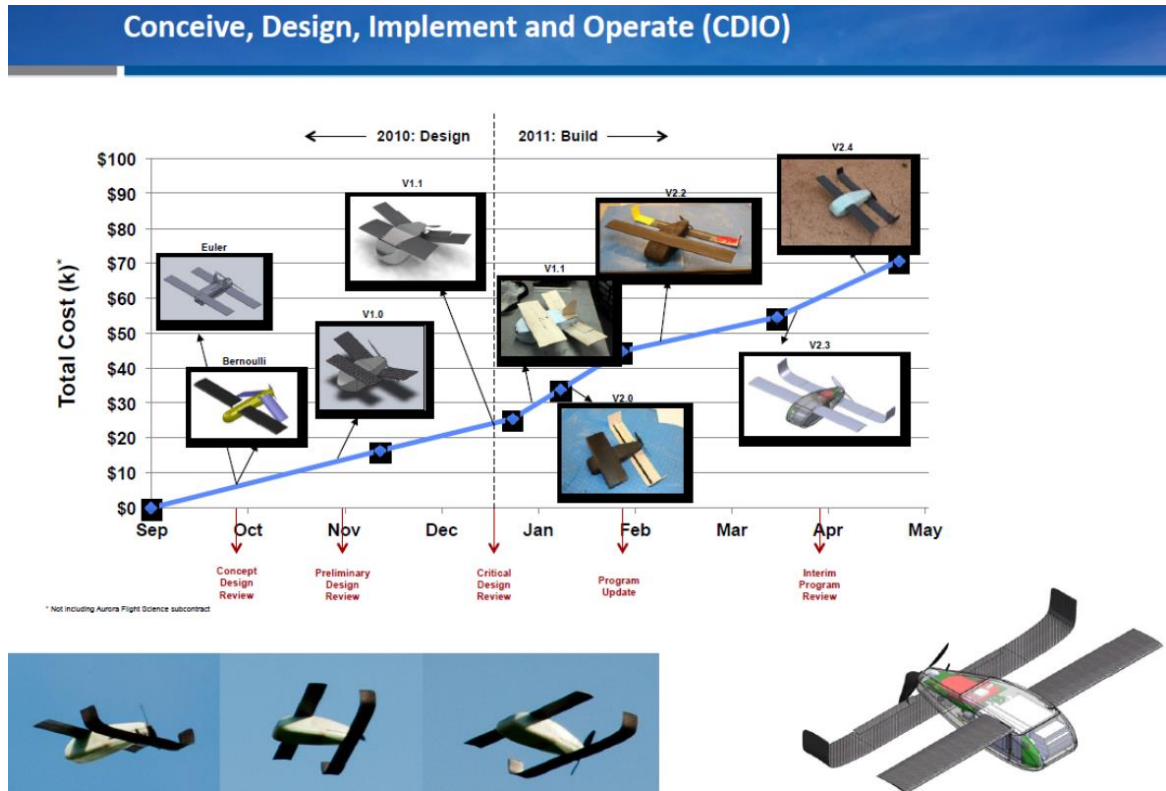


Рис. 7

2. Проектно-организованное обучение в Олин-колледже

Миссия/цель: Olin College позиционирует себя, как место получения инновационного инженерного образования.

Колледж готовит инженеров, которые:

- ориентируются на потребности клиентов при проектировании инженерных продуктов/систем;
- используют креативное мышление при проектировании инженерных продуктов/систем;
- знают, как планировать создание продукта, финансировать и продвигать продукт.

Колледж открыл свои двери для первых студентов в 2002 г. Находится в городе Нидхем, штат Массачусетс (в 14 милях от Бостона). Близкое соседство с рядом ведущих ВУЗов США, расположенных в Бостоне, не помешало колледжу стать конкурентоспособным в области инженерного образования. 346 студентов всех курсов проходят обучения по следующим программам:

- инжиниринг (проектирование),
- электронные и вычислительные системы,
- машиностроение.

Специализации: биоинжинирия, компьютерные технологии, материаловедение и инженерные системы.

Его бакалаврские программы занимали 6 (Engineering) и 9 (Electrical/Electronic/Communications) места в рейтинге лучших программ в США.

Колледж финансируется частным благотворительным Фондом - The F. W. Olin Foundation. Фонд был создан в 1938 г. инженером и владельцем компании Olin Corporation Франклином Олином. Более 60 лет Фонд финансирует строительство университетских кампусов (около 300 млн. \$ было потрачено на строительство 57 кампусов различных колледжей). Фонд выделил 460 млн. \$ для строительства и поддержки колледжа – самая крупная дотация за всю историю США от частного фонда в сферу высшего образования.

Колледж разрабатывает и применяет наиболее передовые методы образовательного процесса и стремится быть «примером для под-

ражания» для других учреждений высшего профессионального обучения.

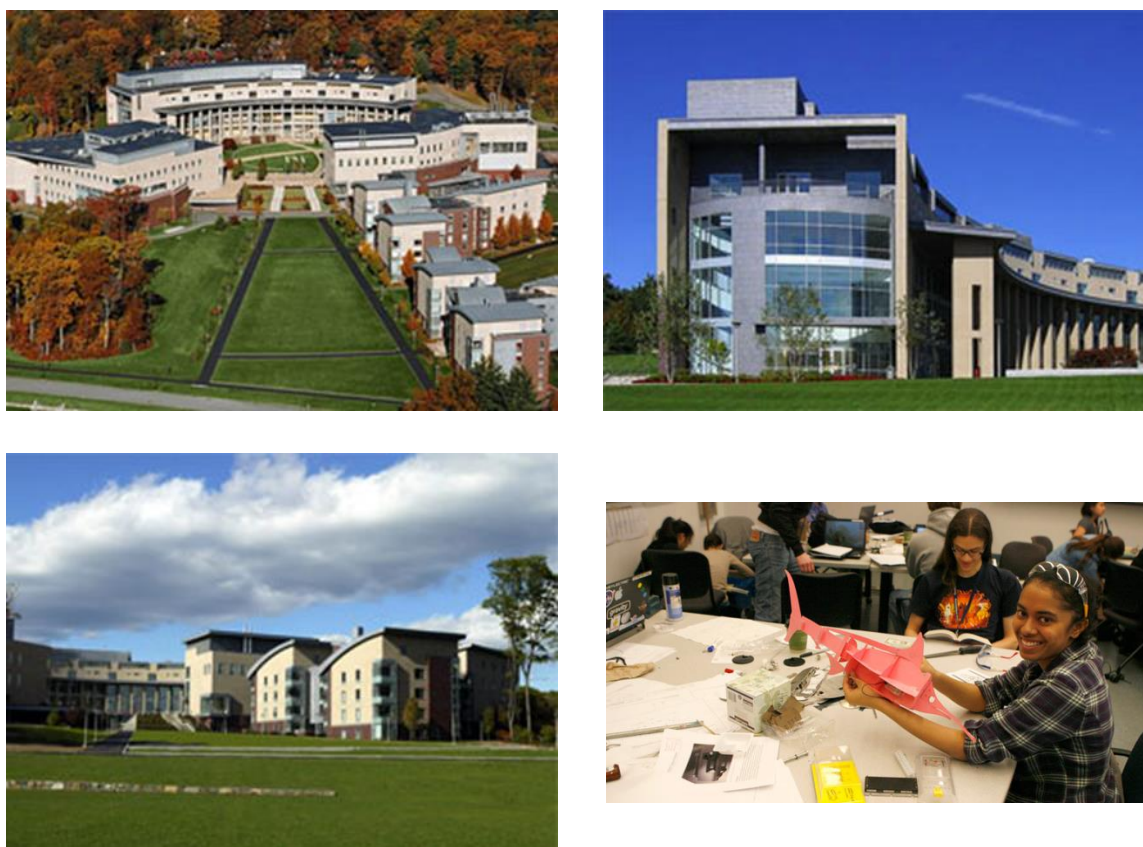


Рис. 8

Основополагающие принципы образовательного процесса колледжа – *междисциплинарность, проектно-ориентированные методы обучения, командная работа, коммуникация, практический инжиниринг, образование никогда не считается завершенным, все время необходимо повышение квалификации.*

Предпосылки создания колледжа: в конце 80-х стало очевидно, что инженерное образование в США требует реформирования. Чтобы лучше отвечать запросам глобальной экономики, инженеры должны были кроме классических инженерных знаний, обладать также навыками предпринимательства и бизнеса, креативностью и пониманием социального, экономического и политического контекста относительно проектируемого продукта/системы. Фонд решил, что наилучший способ создать учебное заведение, которое будет отвечать требовани-

ям времени, – это открыть колледж «с нуля», чем и стал Олин-колледж.

Инновационные решения и проекты в образовательном процессе:

- «Olin Triangle». Поскольку инновационное инженерное образование подразумевает развитие у студента предпринимательских способностей, то с самого открытия колледж объединил часть программ с программами Babson College (Бостон, Массачусетс), который считается №1 в США по программам предпринимательства. Кроме того плотное сотрудничество налажено с Wellesley College (Бостон, Массачусетс), в котором преподают гуманитарные науки.

- SCOPE (Senior Consulting Program for Engineering) – программа, в рамках которой студенты на последних курсах решают прикладные задачи (см. приложение 2), то есть это фактически годовой проект работы на конкретного клиента. Участники программы со стороны бизнеса: Boeing Company, ДЕКА, Motorola, Oracle, PepsiCo, ExxonMobil Corporation, Hewlett-Packard, IBM, Johnson & Johnson, Procter & Gamble, Schlumberger и др.

Лаборатории колледжа буквально “напичканы” самым разнообразным, в том числе и очень сложным, оборудованием (рис. 9). Студенты выполняют работы самостоятельно. В лаборатории предоставляется доступ в течение 24 часов в сутки, учащиеся приходят, когда им удобно – и решают поставленные перед ними задачи. Студенты проходят полный инструктаж по работе с оборудованием. Расписываются, что его прослушали. После этого если со студентом что-нибудь случится, он сам отвечает, и если он что-то сломает – тоже. Студентов обучили способам безопасной эксплуатации оборудования, и никто больше за ним не следит. Это же сразу помогает воспитывать чувство ответственности. К студенту относятся как к взрослому человеку.



Рис. 9

Один из принципов колледжа – гуманизм, поэтому студенты колледжа вовлечены в благотворительные программы города Нидхема: обустройство города, помощь населению и т.д.). Коллеж участвует в программе сокращения потребления энергии, а также программе по пе-

реработке мусора. Это также находит отражение и в ряде проектов выполняемых студентами младших курсов (рис. 10, 11).

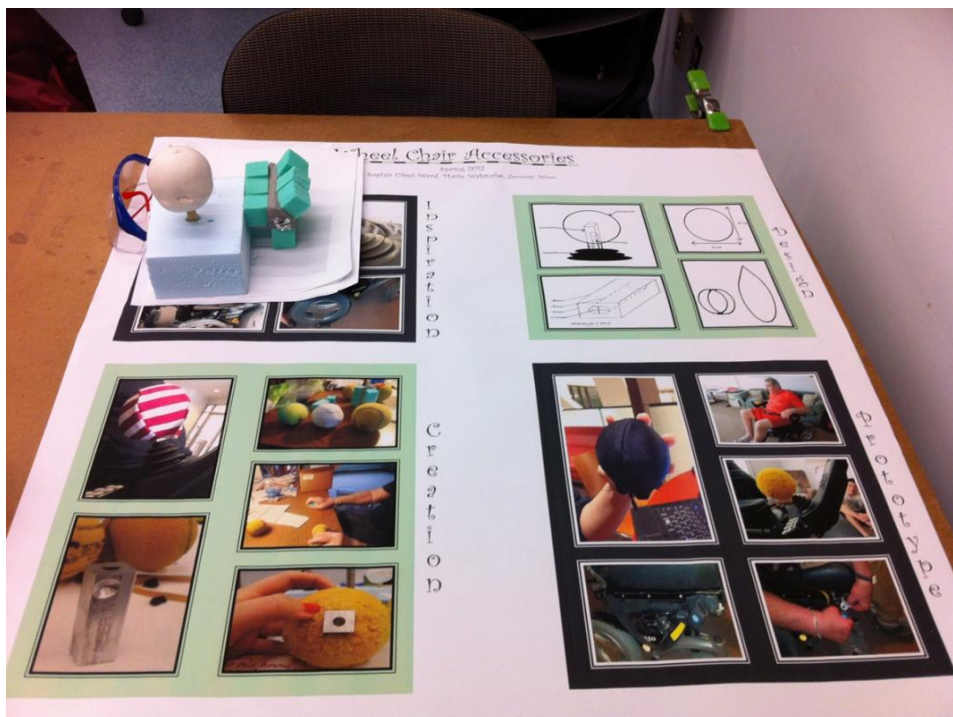


Рис. 10. Джойстик для управления инвалидным креслом

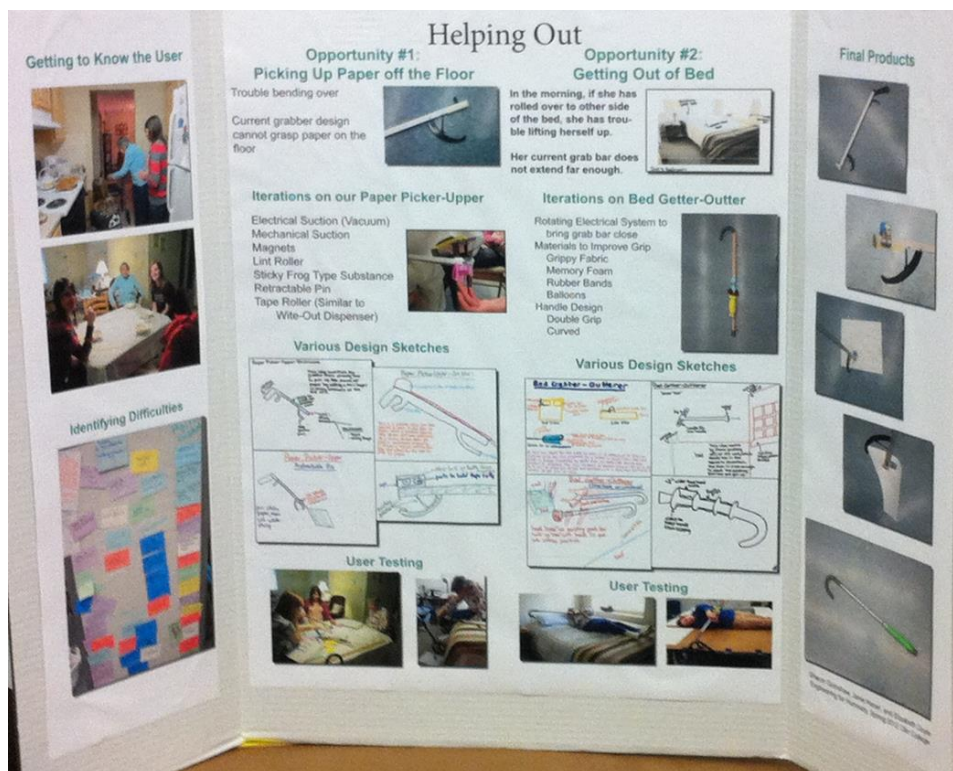


Рис. 10. Трость с возможность захвата предметов

Программа SCOPE

SCOPE является кульминацией учебной программы в Олин-колледже. Старшекурсники работают в междисциплинарных командах по 5-7 студентов в течение года над сложным инженерным проектом от партнеров-спонсоров. Олин-колледж работает в тесном сотрудничестве с компаниями и помогает им развивать технологии через проекты SCOPE, которые обеспечивают исключительную ценность для спонсоров, обеспечивая при этом важный образовательный опыт для студентов.

Корпоративный партнер предоставляет сложную инженерную проблему, которая имеет важное значение для него. Олин-колледж предлагает студенческую инженерную команду, консультанта и специальную, профессионально оборудованную рабочую зону.

Что дает такой проект для студентов? Студенческая команда находит новые, порой неожиданные, решения технических проблем. Команда получает обширный практический опыт, навыки быстрого создания прототипа продукта, командный опыт работы, получает экспертные знания в области дизайна, предпринимательства и междисциплинарной методологии.

Корпоративный партнер предоставляет финансовую поддержку, доступ к корпоративной, технической и рыночной экспертизе, оборудование и испытательное оборудование, по мере необходимости. Команды имеют доступ к базе Олин-технологий и консультациям эксперта технической группы, а также в лаборатории Олин-колледжа и оборудованию механического цеха.

Каждая команда предоставляет менеджеру проекта еженедельные отчеты о ходе выполнения работ для отчетности корпоративному партнеру для того, чтобы проект достигал поставленных им целей. Команды представляют отчет в середине года и заключительный отчет для корпоративного партнера – заказчика в конце года. В течение двух недель команды получают отзывы по проекту, и защищать свои проектные и инженерные решения. Студенты и сотрудники Олин-колледжа принимают соответствующее соглашение о неразглашении информации, чтобы не нарушить интересы заказчика.

На рис. 11 представлен пример проекта по проекту SCOPE «Система контроля автоматического промывателя сельскохозяйственного опрыскивателя».

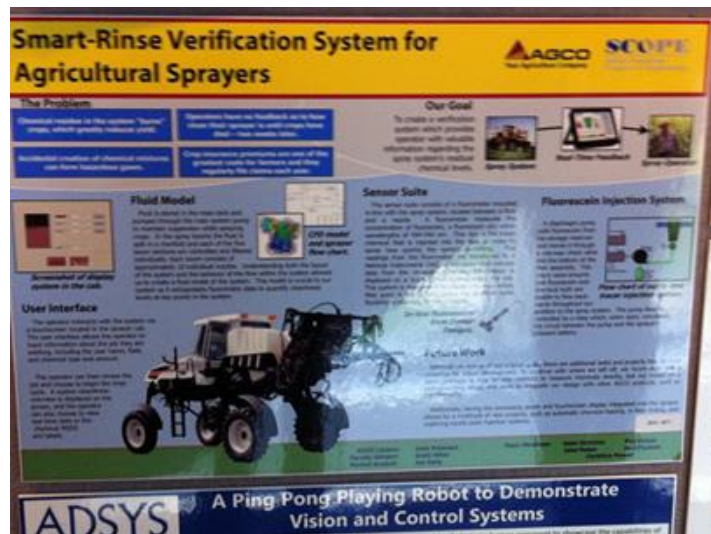


Рис. 11

Команда разработала систему контроля автоматического промывателя послевсходового сельскохозяйственного опрыскивателя. При опрыскивании поля, оператор должен переключаться между химическими веществами для различных растений и видов сельскохозяйственных культур. В связи с разными используемыми химическими веществами, система должна быть полностью промыта от предыдущего химического вещества, прежде чем использовать новое. Если распылитель не полностью промыт от химических остатков, оставшихся в системе, то это может нанести вред сельскохозяйственной культуре. Проведя исследование, проектирование и изготовление, командой был построен прототип системы, которая обеспечивает обратную связь с оператором относительно того, когда безопасно приступить к загрузке нового химического вещества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Всемирная инициатива CDIO [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cdio.org>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Официальный сайт Массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://web.mit.edu>, свободный. – Загл. с экрана.

3. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: 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. – 17 с.

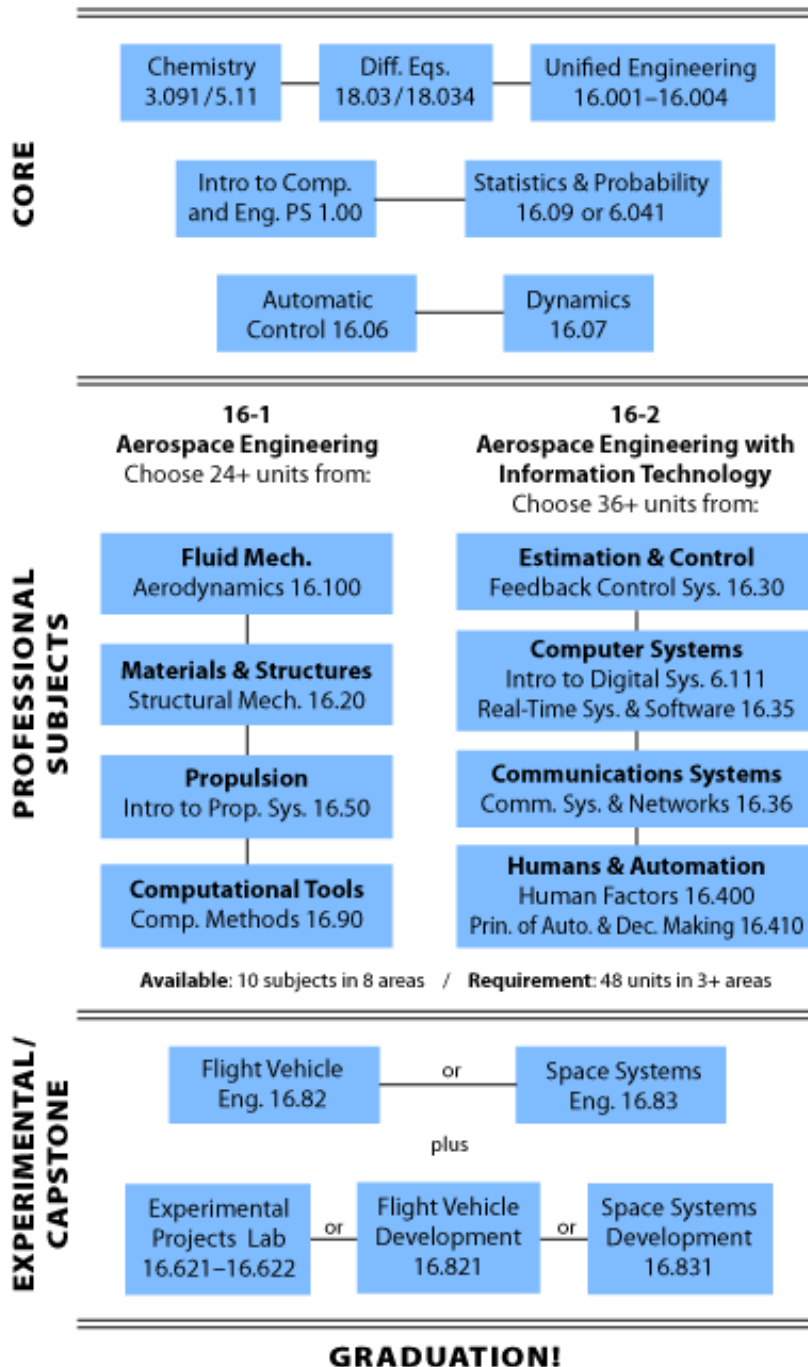
4. Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 22 с.

5. Официальный сайт Олин-колледжа (The Franklin W. Olin College of Engineering [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.olin.edu/>, свободный. – Загл. с экрана.

Учебные планы программ подготовки бакалавров AeroAstro (Course 16)

Course 16-1 and 16-2 Curriculum

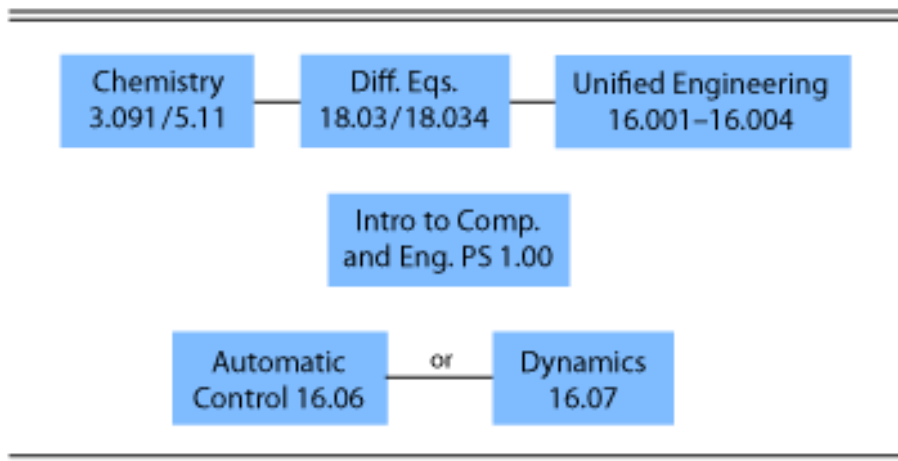
A total of 198 units beyond GIRs are required for 16-1 or 16-2. A total of 150 units are from non-elective subjects in the current curriculum + 48 units of unrestricted electives chosen by the student, i.e. UROP; special topics; additional undergraduate- or graduate-level HASS, science, or engineering courses. Note that 36 of the non-elective units also satisfy the Institute Lab and REST. Students must fill this unit gap by taking additional unrestricted electives.



Course 16-ENG Curriculum

A total of 198 units beyond GIRs are required for the 16-ENG program. A total of 150 units are from non-elective subjects in the current curriculum + 48 units of unrestricted electives chosen by the student, i.e. UROP; special topics; additional undergraduate- or graduate-level HASS, science, or engineering courses. Note that 36 of the non-elective units also satisfy the Institute Lab and REST. Students must fill this unit gap by taking additional unrestricted electives.

CORE

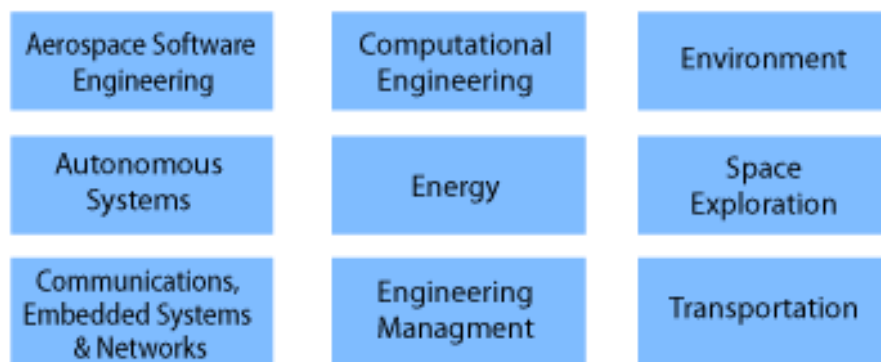


Concentration Subjects

Six subjects forming a coherent set focusing on an engineering field or problem area within the student's chosen concentration.

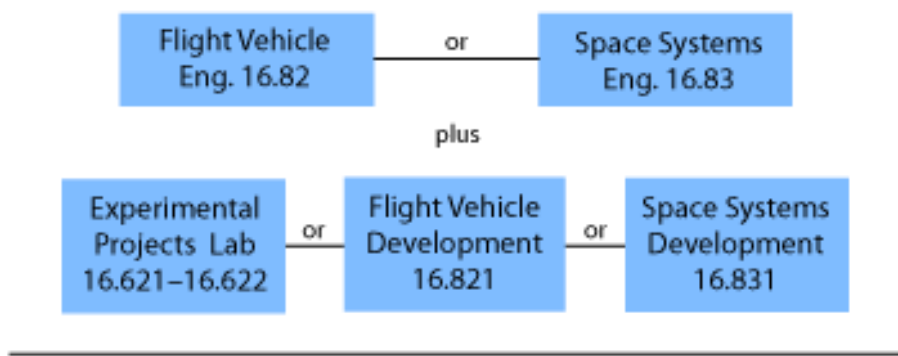
Requirement: 72 units, including 42 in Engineering and 12 in Math/Science

CONCENTRATION AREAS



An approved list of subjects for each concentration as well as descriptive information on 16-ENG can be found at:
<http://web.mit.edu/aeroastro/academics/undergrad/degrees.html>

EXPERIMENTAL/ CAPSTONE



GRADUATION!

Учебный план Олин-колледжа

1ST YEAR						
1st Semester	ENGINEERING	MATH and SCIENCE	ENGINEERING	AHS	= 15 credits	
	MC: Compartment Systems	Modeling and Simulation of the Physical World	Design Nature	Arts, Humanities, Social Science Foundation		
2nd Semester	ENGINEERING	MATH	SCIENCE	SCIENCE	E! FOUNDATION	= 17 credits
	MC: Spatially Distributed Systems	Vector Calculus	Physics: Electromagnetism and Waves	e.g., Biology OR Material Science	Foundations of Business and Entrepreneurship	

2ND YEAR					
1st Semester	MATH	ENGINEERING	SCIENCE	AHS	= 16 credits
	Linear Algebra Probability and Statistics	Principles of Engineering	e.g., Chemistry OR Math and Science OR Materials Science	Arts, Humanities, Social Science	
2nd Semester	MATH	ENGINEERING	ENGINEERING	ENGINEERING	= 16 credits
	MATH or SCIENCE	Program Specific Engineering	Program Specific Engineering	User-Oriented Collaborative Design	

3RD YEAR					
1st Semester	ELECTIVE	ENGINEERING	ENGINEERING	AHS	= 16 credits
		Program Specific Engineering	Program Specific Engineering	Arts, Humanities, Social Science	
2nd Semester	ELECTIVE	ENGINEERING	ELECTIVE	AHS/E!	= 16 credits
		Program Specific Engineering		Arts, Humanities, Social Science or Entrepreneurship	

4TH YEAR

1st Semester

SCIENCE or MATH	ENGINEERING	ENGINEERING	AHS/E!
MATH or SCIENCE	Design Depth	SCOPE	Arts, Humanities, Social Science or Entrepreneurship

= 16 credits

2nd Semester

ENGINEERING	ENGINEERING	ENGINEERING	AHS/E!
Olin Self-Study	Program Specific Engineering	SCOPE	Capstone

= 16 credits