

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В США

М.Ю. Рачков, М. Скибневский



РАЧКОВ
Михаил Юрьевич

Профессор, доктор технических наук, академик Российской академии космонавтики. Заведующий кафедрой «Автоматика, информатика и системы управления» МГИУ, исполнительный директор Департамента «Образование» Международного центра обучающих систем ЮНЕСКО. Специалист в области автоматизации, робототехники и измерительных систем. Автор более 200 работ, в том числе 9 книг. Монографии по роботам вертикального перемещения и по автоматизации разминирования являются приоритетными.

Инженерное образование в США за последнее столетие прошло несколько этапов развития. До 1940-х годов учебные планы в большинстве технических колледжей и университетов США имели главным образом практическое содержание с акцентом более на конструирование, чем на технические науки и прикладную математику. После Второй мировой войны образовательные программы были существенно изменены благодаря государственной поддержке университетских исследований.

Смещение акцента на технические знания и разработки, связанные с оборонной промышленностью, соответствовало ситуации, сложившейся в США в течение военных и послевоенных лет, но к 1980-м годам изменения в экономике, определяющие переход от выпуска оборонных изделий к производству коммерческих товаров, привели к несоответствию учебных программ для технических специалистов. Дипломированные специалисты были, хотя и хорошо технически подготовлены, но испытывали недостаток в профессиональных навыках для успешной работы в условиях рыночной конкуренции. Предприниматели отмечали, что выпус-



СКИБНЕВСКИЙ
Мирослав (США)

Профессор, доктор наук, главный редактор международного журнала «Автоматизация строительства». Заведующий кафедрой «Управление проектами» Мерилендского университета. Почетный профессор МГИУ. Специалист в области автоматизации и инженерного образования. Автор более 150 публикаций и нескольких книг. Лауреат премии Президента США по научным исследованиям, а также премии Американского общества по инженерному образованию.

ники не умеют работать в коллективе, не могут оценить социальные и другие влияния на технические решения и требования к качеству.

Поскольку технические школы стали приглашать преподавателей для проведения научных исследований, число преподавателей с опытом работы в промышленности снизилось. В конечном счете, теоретические дисциплины сменили практические курсы по технологии и конструированию.

Несмотря на существенную помощь со стороны Фонда национальной науки (NSF), выделяющуюся на техническое образование, технические школы не спешили реагировать на изменение ситуации. Администрации многих колледжей ссылались на то, что жесткие стандарты по аккредитации, касающиеся в основном содержания учебных планов и количества аудиторных часов, препятствуют их усилиям проводить необходимые изменения.

В результате проведенных специалистами в начале 1995 г. совещаний были выработаны рекомендации, ставшие катализаторами для развития новых критериев аккредитации. Эти рекомендации, принятые в 1996 г. под названием «Критерии EC2000», включают следующие положения:

- 1) знание фундаментальных наук и техники;
- 2) проведение экспериментов, анализ и интерпретация данных;
- 3) проектирование систем, компонентов или процессов;
- 4) создание мультидисциплинарных коллективов;
- 5) определение, формулировка и решение технических проблем;
- 6) понимание будущими инженерами их профессиональной и этической ответственности;
- 7) эффективная работа в команде
- 8) понимание воздействия технических решений на окружающий мир в глобальном и социальном контексте;
- 9) понимание потребности в постоянном повышении квалификации;
- 10) знание современных проблем;
- 11) использование современных технических средств на практике.

Новые критерии радикально изменили оценку программ по техническим наукам, перенес акцент с жесткого следования учебным планам на результативность обучения. Критерии EC2000 определяют цели учебных программ с учетом потребности в тех или иных специалистах, и предусматривают введение изменений и инноваций в программы.

Каждая программа по техническим специальностям должна быть структурированной системой с возможностью постоянного усовершенствования всех ее элементов в смысле развития и переоценки академических знаний. В программах определяются цели обучения студента и предусматривается определение уровня знаний для достижения этих целей. Комиссия ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) была одним из первых органов аккредитации, осуществляющих такую радикальную перемену в подходе к инженерному образованию.

Чтобы оценить результаты влияния новых критериев на изменение уровня подготовки дипломированных специалистов, ABET уполномочил Центр изучения высшего образования в Государственном университете штата Пенсильвания провести специальное исследование по двум направлениям:

- 1) воздействие EC2000 на подготовку студентов технических вузов к началу работы по специальности;
- 2) соответствие организационной и образовательной компонент учебных программ по техническим специальностям положениям EC2000.

Согласно концептуальной модели (рис. 1), взятой за основу модернизации инженерного образования, предусматривается непрерывное совершенствование образовательного процесса.

Наиболее быстрые изменения после введения этой модели предполагались в программах по техническим специальностям, поскольку кафедры пересмотрели свои учебные планы и методики в соответствии с критериями EC2000.

Ожидались также изменения в культуре преподавания в смысле оценки результатов труда и роста профессионального уровня преподавателей. Предполагались изменения и в

административной политике, улучшении подбора преподавателей, продвижении их по службе и развитии материальной базы.

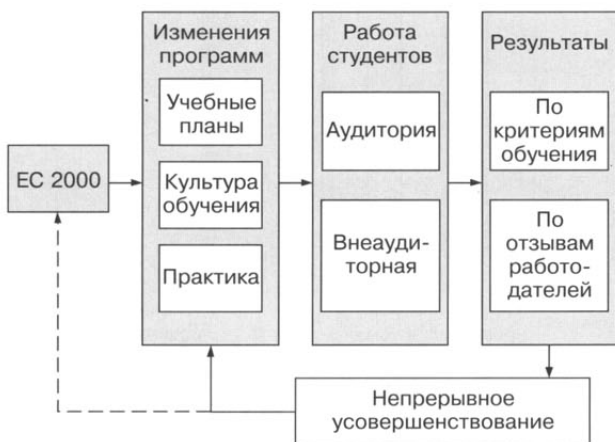


Рис. 1. Концептуальная модель модернизации инженерного образования в США

Оценка результатов была основана на информации, полученной в результате опроса выпускников, отдельных преподавателей, преподавательского состава кафедр, деканов и работодателей до и после введения ЕС2000. Целью исследований было получение полного представления об изменениях, произошедших в техническом образовании, начиная с ввода ЕС2000. Многоуровневый опрос со случайными выборками и двумя этапами гарантировал, что его результаты были достоверны. В опросе принимали участие и вузы, в которых в числе студентов было много девушек, афроамериканцев, а также представителей национальных меньшинств.

Опрос проводился в 40 вузах, обучающих студентов по более 200 программам по техническим специальностям в области космоса, химии, строительства, компьютерной техники, электроники и инженерных технологий. В опросе участвовали 1243 преподавателя, 147 кафедр, 5494 выпускника 1994 г., 4330 выпускников 2004 г., 39 деканов и 1622 предпринимателя.

С точки зрения социологии опрос являлся широко представительным. После опроса была проведена статистическая обработка результатов, которые были затем скорректированы по полу опрошенных и по областям знаний.

Согласно данным, которые представили кафедры, учебные планы по техническим специальностям за последние 7–10 лет претерпели значительные изменения. Хотя в программах немного снизились требования в том, что касается фундаментальных знаний по математике и техническим наукам, зато увеличилась доля профессиональных навыков и знаний, связанных с критериями ЕС2000. В частности, более 75% кафедр сообщили о повышении эффективности работы в команде, улучшении использования современных технических средств, повышении профессиональной квалификации, в том числе возможности получения последипломного образования.

Методы обучения также существенно изменились (табл. 1).

Таблица 1

Динамика изменения методов обучения

Наименование	Уменьшение (% ответов)	Без изменений (% ответов)	Увеличение (% ответов)
Компьютерное моделирование	2	31	67
Практические занятия	2	33	65
Самостоятельная работа	2	38	60
Решение актуальных проблем	4	42	54
Конструирование	6	40	54
Занятия в малых группах	5	43	52
Роль лекций	20	60	20
Качество учебников	22	61	17

Почти две трети всех кафедр отметили, что они увеличили использование активных методов обучения, таких как работа в группах, проектирование, самостоятельная работа и практические занятия, уменьшив количество лекционных часов.

Была изучена также культура преподавания. Кафедры сообщили, что за последние 10 лет увеличилась роль оценки знаний студентов при усовершенствовании учебных программ. Более 75% кафедр отметили постоянное усовершенствование программ и более 60% сообщили о поддержке преподавателями метода изучения

оценок программ самими студентами для усовершенствования методики обучения.

Изменения в культуре преподавания отразились в интенсификации процесса повышения квалификации преподавателей. Примерно половина опрошенных преподавателей отметили, что по сравнению с периодом десятилетней давности, они стали больше читать педагогической литературы и участвовать в семинарах по повышению квалификации. До четверти опрошиваемых сообщили, что за последние пять лет они повысили свой профессиональный уровень.

Что касается изменений в административной политике, то было отмечено, что установленная система поощрений в значительной степени влияет на то, сколько времени и энергии преподаватели посвящают процессу обучения и участию в проведении научных исследований. При этом преподаватели знают, что их усилия в указанном направлении влияют на их продвижение по службе и размер заработка. Система поощрений зависела и от категории преподавателей: в среднем преподаватели высшей категории поощрялись больше, чем низшей.

На рис. 2, 3, и 4 приведены диаграммы, отражающие сравнение уровня знаний и умений выпускников 1994 г. и 2004 г. по критериям ЕС2000.

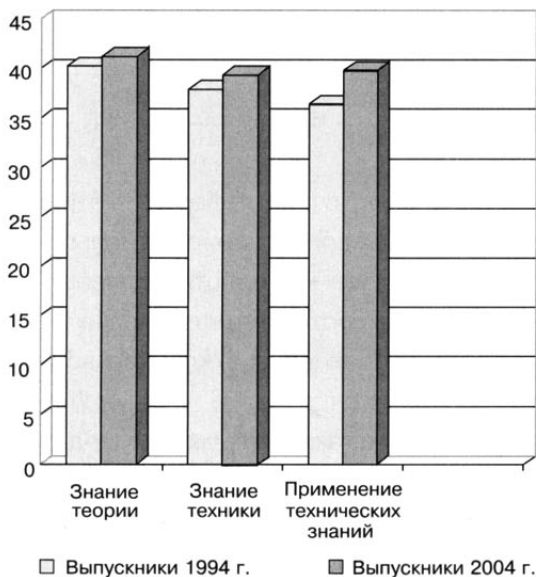


Рис. 2. Сравнение уровня знаний теории, техники и применения технических знаний

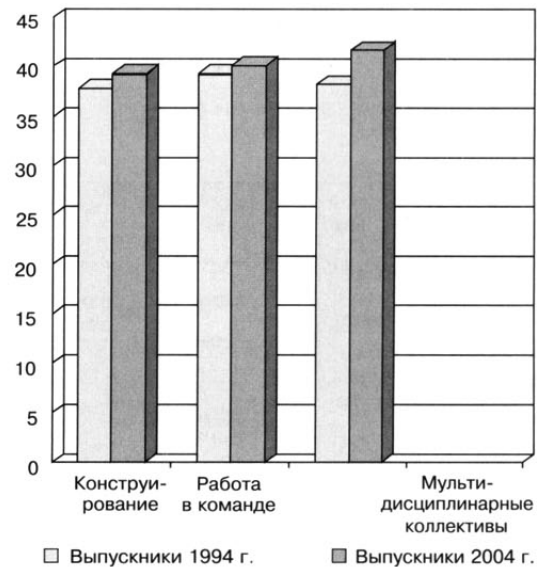


Рис. 3. Сравнение навыков в конструировании, умении работать в команде и создании мультидисциплинарных коллективов

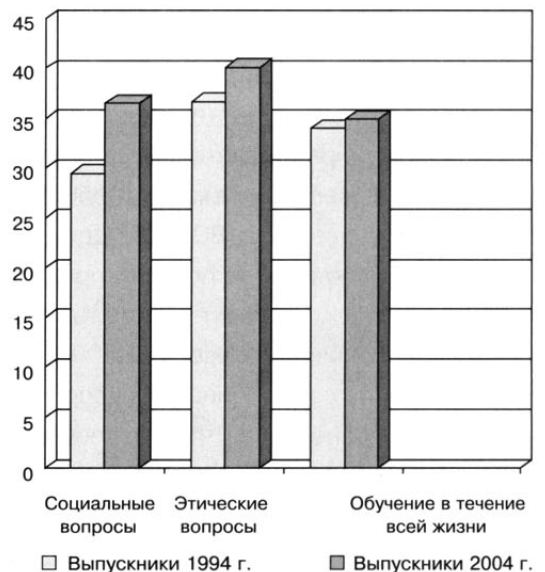


Рис. 4. Сравнение уровня знаний социальных и этических вопросов, а также возможности повышения квалификации

Результаты оценок девяти различных параметров показали, что введение ЕС2000 привело к положительным изменениям в техническом образовании. По пяти из девяти критериев различия могут характеризоваться как умеренные. За прошедшее десятилетие самые большие различия наблюдались:

- в понимании социальных проблем;
- в понимании вопросов этики и в возможности повышения квалификации;

- в улучшении навыков работы в команде;
- в умении применять технические знания на практике;
- в знании теоретических наук.

Выявлено, что улучшение аудиторной работы прямо связано с уровнем знаний студентов. Ясность методик, глубина обратной связи с преподавателями существенно влияли на результат обучения.

Внеаудиторные занятия – последипломные стажировки (интернатуры), конструкторские конкурсы, активная работа учащихся в студенческих обществах и ассоциациях – также оказывали большое влияние на остаточные знания студентов, что отразилось на результатах по шести критериям оценки. Однако в целом эффект от внеаудиторных занятий был меньше, чем от аудиторных.

Взгляды работодателей на изменения в обучении были отражены в результатах опроса 1622 человек, представлявших компании из различных регионов страны и отраслей промышленности, имеющие различную численность персонала, уровень и опыт его работы.

Предприниматели отвечали на три вопроса:

1. Насколько важны новые критерии для оценки уровня выпускников?
2. Насколько хорошо подготовлены дипломированные специалисты по каждому из новых критериев?
3. Какие изменения произошли за последние 7–10 лет в уровне подготовки выпускников?

Семь из десяти предпринимателей оценили все критерии как «умеренно» важные, шесть из десяти оценили девять пунктов как «очень важные» или «необходимые».

Как показано на рис. 5, более 90% предпринимателей считают, что недавние выпускники технических вузов были хорошо подготовлены в части использования достижений современной науки и техники на практике.

Приблизительно восемь из десяти ответивших дали положительную оценку способности недавних выпускников решать практические проблемы, самообучаться и адаптироваться к обстоятельствам. Трое из четырех работода-

телей оценили способности выпускников по крайней мере как удовлетворительные.

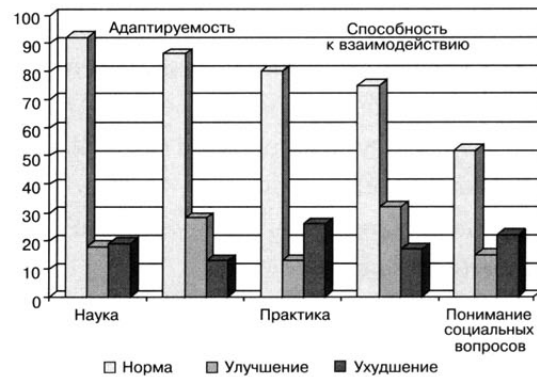


Рис. 5. Сравнение уровня знаний теории и применения технических знаний на практике, а также в понимании социальных вопросов и адаптируемости к предлагаемым обстоятельствам

Некоторые работодатели не почувствовали никаких изменений в умении выпускников использовать современные научные и технические знания на практике, некоторые отмечали ухудшение способности принимать правильные решения, хотя восемь из десяти оценивали этот параметр по крайней мере как соответствующий требованиям времени.

Только половина предпринимателей оценили понимание выпускниками социальных вопросов и необходимости защиты окружающей среды.

Оценки работодателей из различных технических областей знаний, отраслей промышленности и регионов были достаточно схожи. Исследования указывают, однако, что на протяжении прошлого десятилетия предприниматели, представляющие большие компании, принимающие на работу специалистов из всех регионов США, более позитивно оценивают уровень подготовки и знания молодых инженеров, чем представители малых компаний, принимающих на работу меньше специалистов и в основном только из своего региона.

Еще одним аспектом в изменении подхода к инженерному образованию является предоставление техническими университетами возможности дистанционного обучения и получения ученой степени уже работающими техни-

ческими специалистами. Например, программы получения магистерской степени для работающих профессионалов разработаны в Мерилендском университете – одном из ведущих технических вузов в мире. Программы дистанционного образования позволяют:

- изучить новейшие теории и методы в выбранной области техники;
- овладеть новыми принципами решения современных задач;
- получить магистерский диплом одного из ведущих в мире университетов.

Программы разработаны лучшими преподавателями университета и научными работниками в области управления проектами совместно с экспертами из сферы бизнеса и промышленности.

Структура дистанционного обучения содержит:

- 30 магистерских программ, которые могут быть освоены в течение двух лет;
- 12 программ для специализированного обучения;
- сетевую базу интернета;
- онлайн-услуги библиотеки;
- полную техническую поддержку, доступную всем студентам.

Для допуска к занятиям не требуется сдавать стандартный вступительный тест GRE (Graduate Record Examinations). Также нет необходимости писать дипломную работу. Весь материал для обучения доступен через электронную почту, в чатах или по телефону в согласованное время. Например, академическая программа для получения степени магистра в управлении проектами состоит из пяти основных курсов:

1. Финансовый учет стоимости проекта.
2. Введение в управление проектами.
3. Юридические аспекты разработки проектов.
4. Управление проектными коллективами.
5. Оценка качества выполнения проекта.

Технические факультативы содержат пять курсов по выбору из следующего списка:

- Основные принципы управления проектами.
- Введение в современное планирование.

- Управление проектами в динамически изменяющихся условиях.
- Управление проектами на базе интернета.
- Принятие решений и анализ риска при управлении проектами.
- Управление конструкторскими организациями.
- Стоимостный инжиниринг и управление.
- Оптимизация рабочего места.
- Администрирование проектов.
- Менеджмент проектов.
- Общее руководство проектом.
- Инвестиционная теория проектов.
- Рыночные, пространственные и транспортные модели.
- Принятие конкурентоспособных решений.
- Нелинейное программирование в управлении проектами.
- Вероятностная оптимизация в управлении проектами.

Получаемый диплом признается как официальное академическое свидетельство и требует успешного завершения двенадцати зачетных часов или четырех курсов по выбору из пяти основных, перечисленных выше. При зачислении претендента требования к нему зависят от планируемой полноты прохождения курсов.

Полный допуск для получения магистерской степени включает необходимость иметь степень бакалавра, желательно в технике или близкой области, и рекомендательные письма.

Временный допуск возможен для претендентов без степени бакалавра, продемонстрировавших удовлетворительные результаты в другой образовательной программе или успехи по месту работы.

Для привлечения способных специалистов на работу в США для продолжения обучения приглашаются и иностранные студенты. Кроме вышеперечисленного они должны представить диплом на языке оригинала и его английский перевод. Требуется результат стандартного теста английского языка TOEFL (Test Of English as a Foreign Language) не менее 233 баллов компьютерного теста CBT (Computer-Based Test) или 575 баллов письменного теста PBT (Paper-Based Test).

Диалоговые режимы обучения позволяют:

- проводить обучение в наиболее удобном для обучаемого месте;

- регистрироваться в удобное для обучаемого время;

- использовать легко понятные диалоговые инструкции для доступа к лекциям и другим материалам;

- общаться по Интернету и электронной почте с преподавателями для углубления знаний;

- иметь полный доступ к технической поддержке университетских ресурсов.

Возможность получения магистерской степени Мерилендского университета для российских студентов имеется, в частности, на базе Московского государственного индустриального университета.

Заключение

В 1980-х годах представители индустрии США начали выражать неудовлетворенность профессиональными навыками выпускников технических университетов и колледжей. В связи с этим к середине 1990-х годов был разработан новый подход к аккредитации технических вузов, основанный на принципах непрерывного усовершенствования учебного процесса. Сегодня, согласно проведенному анализу, образование в США радикально изменилось. В частности, скорректированы учебные планы и программы обучения по техническим специальностям, используются профессиональные методы развития и переоценки программ, а также изменен принцип набора преподавателей и их продвижения по службе. Наиболее важный результат этих изменений выразился в том, что выпускники 2004 г. были лучше подготовлены, чем их предшественники десять лет назад. Самый большой прогресс был выявлен в понимании социальных и глобальных проблем, в способности применять технические навыки на практике, в умении работать в коллективе и в осознании этических и профессиональных вопросов. Еще одним аспектом в изменении подхода к инженерному образованию является пре-

доставление возможности дистанционного обучения и получения ученой степени работающим техническим специалистам.

Список литературы

1. A National Action Agenda for Engineering Education. Report of an ASEE Task Force. Washington, D.C.: ASEE (American Society for Engineering Education), 1987.
2. A Vision for Change: A Summary Report of the ARET/NSF Industry Workshops. Baltimore, Md.: ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), 1995.
3. Engineering Criteria 2000. Baltimore, Md.: 1997.
4. Engineering Education and Practice in the United States: Foundations of Our Techno-Economic Future. Washington, D-C.: NRC (National Research Council). 1985.
5. Imperatives in Undergraduate Engineering Education: Issues and Actions. Report of an NSF Ad Hoc Task Force, Washington, D.C.: NSF (National Science Foundation). August, 1989.
6. Lattuca, L.R., P.T. Terenzini, and J.E. Volkwein. Engineering Change: A Study of the Impact of EC2000. Baltimore, Md.; 2006.
7. Lattuca, L.R., P.T. Terenzini, J.E. Volkwein, and G.D. Peterson. The Changing Force of Engineering Education // The Bridge linking Engineering and Society. 2006. V. 36(2). P. 7–13.
8. Prados, J.W., G.D. Peterson, and L.R. Lattuca. Quality assurance of engineering education through accreditation: the impact of Engineering Criteria 2000 and its global influence // Journal of Engineering Education. 2005. V. 94(1). P. 165–184.
9. Undergraduate Science, Mathematics, and Engineering Education: Role for the National Science Foundation and Recommendations for Action by Other Sectors to Strengthen Collegiate Education and Pursue Excellence in the Next Generation of U.S. Leadership in Science and Technology. NSB (National Science Board) 86–100. Washington, D.C.: 1986.