



Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации
на долгосрочную перспективу

Современное инженерное образование

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки магистров "Прикладная механика"
и направлению подготовки магистров "Инноватика"*

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2012

ББК 74.58:22.2я73
С56

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор СПбГПУ *П. И. Романов*

Доктор технических наук, профессор СПбГПУ *О. В. Колосова*

Доктор физико-математических наук, профессор СПбГПУ, заведующий лабораторией Института проблем машиноведения РАН *Ю. Ф. Титовец*

Авторы:

А. И. Боровков, С. Ф. Бурдаков, О. И. Клявин, М. П. Мельникова, В. А. Пальмов, Е. Н. Силина

Современное инженерное образование : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 80 с.

Изложенный в учебном пособии аналитический материал дополняет и раскрывает современное состояние и основные подходы к созданию наукоемких образовательных программ подготовки инженеров и магистерских программ нового поколения. Существенный акцент сделан на проектном подходе – обучении в процессе работы над реальными проектами (выполнение НИОКР по заказам промышленности) в рамках деятельности виртуальных проектно-ориентированных команд – MultiDisciplinary Team-Based Project Work. Представлены требования новых парадигм инженерного образования, раскрыты реальные “кейсы” инженерных компетенций XXI века, в том числе на примере ведущих промышленных фирм – Boeing, Холдинг “Сухой”. Впервые на основе многолетнего успешного опыта взаимодействия с ведущими отечественными и зарубежными промышленными организациями, имеющегося у НИУ СПбГПУ в рамках созданной Форсайт-структуры описан Алгоритм реализованного взаимодействия промышленности и университетов. Представлены и проиллюстрированы основные элементы и этапы эволюции Учебно-научно-инновационной Форсайт-структуры в области наукоемких технологий компьютерного инжиниринга. При написании учебного пособия широко использован многолетний успешный опыт реализации магистерской программы на кафедре “Механика и процессы управления” физико-механического факультета НИУ СПбГПУ в рамках деятельности учебно-научно-инновационной лаборатории “Вычислительная механика” (CompMechLab®) и учебно-научно-инновационного Центра наукоемких компьютерных технологий (CAD/FEA/CFD/CAE Centre of Excellence).

Издание подготовлено в рамках проекта “Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу”. Инициатор проекта – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

Печатается по решению Совета по издательской деятельности Ученого совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта: В. Н. Княгинин

Руководитель рабочей группы: М. С. Липецкая

Дизайн: Фонд “Центр стратегических разработок “Северо-Запад”

Компьютерная верстка: М. П. Мельникова

Технический редактор, корректор: Е. Н. Силина

Оглавление

О проекте	6
Аннотация	8
Abstract	9
1. Описание мировой повестки, основных трендов	10
1.1. Общемировые условия развития инновационной экономики знаний	10
1.2. «Инженерное образование - Наука - Промышленность»*Инновации»	11
2. Жизненный цикл ключевых групп технологий и рынков	15
2.1. Основные тенденции и подходы современного инжиниринга	15
3. География и основные картосхемы	22
3.1. Мировые тенденции в подготовке инженерных кадров	22
3.1.1. США	22
3.1.2. Страны Евросоюза	24
3.1.3. Страны Азии	26
4. Современная российская проблематика	28
4.1. Модель российского политехнического / физико-механического ("система Физ-Меха" / физико-технического (система "Физ-Теха") образования	29
4.2. Классическая концепция российского инженерного образования	31
5. Основные стейкхолдеры темы	34
6. Инженерные компетенции	40
6.1. Аккредитация, сертификация, регистрация профессиональных инженеров	40
6.1.1. Мировая повестка	40
6.1.2. Сертификация и регистрация профессиональных инженеров в России	43
6.2. Глобальные тенденции развития инженерной деятельности в XXI веке	44

6.3. Компетенции в инженерном образовании в XXI веке	45
6.4. Кейсы инженерных компетенций XXI века	47
6.4.1. Trends in Multidisciplinary Engineering Education: 2006 and Beyond	47
6.4.2. MIT-парадигма (Massachusetts Institute of Technology)	48
6.4.3. MIT-концепция CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate)	48
6.4.4. Boeing-парадигма (Boeing list of "Desired Attributes of an Engineer")	49
6.4.5. Требования НАСА к системным инженерам	49
6.4.6. Подготовка инженерных кадров: Холдинг «Сухой»	50
6.4.7. Требования к квалификации инженеров ФГУП «Горно-химический комбинат»	50
6.4.8. О кадровой политике предприятия: от профессиональной ориентации до профессионализации ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»	51
6.4.9. Инженерные компетенции по ФГОС ВПО по направлению подготовки 151600 "Прикладная механика"	51
7. Передовые стратегии внедрения	52
7.1. Комплексный подход к формированию инженерных компетенций	52
7.2. Инженерное образование через реальные проекты	52
7.3. Виртуальные проектные меж- /мультидисциплинарные команды	53
7.4. Инновационный инженерный проектный подход	53
7.5. Действующий рациональный Алгоритм взаимодействия промышленности и вузов	54
7.6. Распределенная учебно-научно-инновационная Форсайт-структура в области наукоемкого компьютерного инжиниринга	57
7.6.1. Основные цели создания и развития Форсайт-структуры	58

8. Ключевые инструменты государственной политики	62
8.1. Ключевые инструменты и направления государственной политики по развитию инновационной деятельности, включающей развитие инженерного образования	62
9. Приложения	64
9.1. Требования к инженерным компетенциям в России	64
Список источников	72
Перечень рисунков и таблиц	76
Сокращения	78
Об авторах	80

О проекте

Настоящее издание подготовлено в рамках «Промышленного и технологического форсайта Российской Федерации» – проекта, инициированного Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и выполненного экспертной группой под руководством Фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад».

Основной целью работы стало получение долгосрочных прогнозов развития мирового производственного сектора и технологических рынков в сценарной форме, а также фиксация целевых позиций российских игроков по отношению к выявленным сценариям и составление «дорожных карт» достижения лидерства на приоритетных технологических рынках Российской Федерации.

Осуществление промышленного и технологического форсайта позволило определить перспективные ниши на рынках продуктов и технологий, направления государственной политики по развитию и регулированию технологического роста промышленности, направления научно-технологической политики в промышленности и смежных секторах. Результаты проекта могут стимулировать принятие целого ряда стратегических решений федерального уровня, лечь в основу разработки планов и нормативных документов как Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, так и других ведомств, а также создать базу для координации действий/политик государства и бизнеса, подтолкнуть к запуску новый комплекс проектов развития промышленных технологий.

Важная черта реализованного проекта – вовлечение широкого круга участников, как экспертов, так и практиков управления. В нашей работе приняли участие представители крупнейших производственных компании более чем десяти базовых секторов, ведущих исследовательских институтов, институты развития. Мы получили более двадцати авторских экспертных материалов, более 150 экспертных анкет. Активными участниками публичных мероприятий стали более пятидесяти экспертов проекта.

Начиная исследование, мы исходили из того, большинство секторов, являющихся базой современной индустриальной системы, вышли на «технологическое плато». Считается, что, для компаний и территорий, зоной специализации которых являются зрелые индустрии, существует два способа удержания собственной конкурентоспособности. Первый - достижение эффекта масштаба, оптимизация производственных, управленческих и организационных процессов внутри компаний, консолидация рынков. Второй - принципиальное технологическое обновление, разработка и продвижение инновационных продуктов, «ломающих» традиционные рынки.

В фокус исследования попали три «технологических потока» – групп технологий, оказывающих революционное воздействие на большинство ба-

зовых отраслей, рынков и производственных процессов (т.н. системные инновации): 1) современное проектирование включая как концептуальный дизайн, так и самые современные средства инжиниринга и технологии производства; 2) технологии получения и применения новых промышленных материалов; 3) «умные» (автоматизированные, интеллектуальные, автономные) системы и среды. Их комплексное применение позволит многим российским отраслям перейти к «новому качеству» развития и выйти в авангард мировых рынков.

Понятно, что для внедрения передовых технологий потребуется обновление всех компетенций: исследователей-разработчиков, инженеров, технологов, среднетехнических кадров. Невозможно использовать новые разработки и без комплекса управленческих новаций: перехода к концепции управления жизненным циклом продуктов, управления цепочками или сетями создания стоимости, управления сложными системами, управления качеством.

Ситуация для России осложняется тем, что в нашей стране на протяжении более двадцати лет промышленность не вкладывала значимых инвестиций в технологический рост, и по целому ряду направлений мы сейчас движемся в логике «догоняющего» развития: это и глобальные стандарты и практики эффективного проектирования и производства, информационные системы, ряд областей дизайна и инженерии.

Серия дискуссионных докладов - т.н. «зеленых книг» проекта – первая за последние годы попытка российских экспертов поднять в комплексе вопросы системной трансформации производств, вычленив и описать группы технологий, готовые к массовому внедрению, спрогнозировать образование новых рынков, оценить потребность в технологиях для реструктуризации традиционных секторов, оценить последствия для компаний российской индустрии.

Цель публикации «зеленых книг» – пригласить все заинтересованные стороны внести свой вклад в формирование предложений для обновления государственной политики в сфере управления технологическим развитием. По итогам публичных обсуждений докладов будут подготовлены тематические «Белые книги развития технологий российской промышленности», которые будут содержать общее видение технологического развития нашей страны, принципы реализации выбранных стратегий, направления реализации государственной политики.

Создатели данной книги выражают глубокую признательность экспертам, нашедшим возможность дать рецензии, оценки, интервью и принять участие в публичных мероприятиях проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу».

Аннотация

Глобализация, гиперконкуренция, сложная демографическая ситуация, с одной стороны, современные достижения науки, увеличение доли мультидисциплинарных исследований, стремительное развитие и усложнение наукоемких технологий, с другой стороны, оказывают серьезное влияние на изменение роли инженера в высокотехнологичной промышленности и обществе.

Технологические потребности глобальной экономики знаний резко меняют характер инженерного образования, требуя, чтобы современный инженер владел гораздо более широким спектром ключевых компетенций, чем освоение узкоспециализированных научно-технических и инженерных дисциплин. Растущее осознание важности базовых технологических инноваций для конкурентоспособности экономики и национальной безопасности требуют новых приоритетов для инженерной деятельности. Тесное взаимодействие и взаимопроникновение фундаментальных и прикладных исследований (даже в рамках отдельных комплексных научно-технических проектов), меж- и мульти- дисциплинарный характер новых наукоемких технологий, позволяющих решать комплексные задачи в традиционных, смежных и новых областях, требуют новых парадигм инженерной деятельности.

Новые технологии (например, нано-био-инфо-когнитивные технологии, НБИК-технологии), комплексные научные мегапроблемы, возникающие в современном обществе, а также реализация новых парадигм, например, SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Product Development и Digital Manufacturing, в промышленности требуют создания мультидисциплинарных команд специалистов с широким интеллектуальным диапазоном, обладающих ключевыми компетенциями мирового уровня по широкому спектру направлений, а не «замкнутых» в рамках традиционных инженерных дисциплин.

В качестве основных условий перехода к инновационному инженерному образованию необходимо отметить обновление методологии и содержания инженерного образования на основе тенденций и подходов современного наукоемкого инжиниринга в рамках построения Единого национального комплекса «Инженерное образование - Наука - Промышленность) * Инновации» и формирующейся инновационной экономики знаний. Использование принципа «бенчмаркинга» посредством выявления лучших российских и зарубежных аналогов образовательных программ, «лучших практик», в частности, инженерная подготовка через выполнение на старших курсах реальных НИР, НИОКР и НИОКТР по заказам отечественных и зарубежных промышленных предприятий, интеграция современных достижений науки и техники, передовых промышленных технологий, результатов выполненных НИОКТР, а также идей и подходов мировых лидеров в содержание курсов и практикумов – все это должно способствовать развитию инновационного инженерного образования.

Abstract

Powerful forces, including demographics, globalization, and rapidly evolving technologies are driving profound changes in the role of engineering in society. The changing workforce and technology needs of a global knowledge economy are dramatically changing the nature of engineering practice, demanding far broader skills than simply the mastery of scientific and technological disciplines. The growing awareness of the importance of technological innovation to economic competitiveness and national security is demanding a new priority for application-driven basic engineering research.

The nonlinear nature of the flow of knowledge between fundamental research and engineering application, the highly interdisciplinary and multidisciplinary nature of new technologies, and the impact of foresight-structure, including infrastructure, software, hardware, brainware, key skills, systems and policies, demand new paradigms in engineering research and development. Moreover, challenges such as the off-shoring of engineering jobs, the decline of student interest in scientific and engineering careers, and inadequate social diversity in the domestic engineering workforce are also raising serious questions about the adequacy of our current world approach to engineering.

Both new technologies (e.g., nano-bio-info-cogno) and the complex mega systems problems arising in con-temporary society, so as implementation of the new paradigms (e.g., SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Product Development и Digital Manufacturing) require highly interdisciplinary engineering teams characterized by broad intellectual span rather than focused practice within the traditional disciplines. As technological innovation plays an ever more critical role in sustaining the nation's economic prosperity, security, and social well-being, engineering practice will be challenged to shift from traditional problem solving and design skills toward more innovative solutions imbedded in an array of social, environmental, cultural, and ethical issues. To prosper new engineers need to provide high value in short time and excel at high-level engineering, design, manufacturing, systems integration, innovation, and leadership.

Описание мировой повестки, основных трендов

ИСТОЧНИКИ:

1. Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education. James J. Duderstadt. The University of Michigan. 2008.

2. Россия XXI века: образ желаемого завтра. – М.: Экон-Информ, 2010.

3. Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education. James J. Duderstadt. The University of Michigan. 2008.

4. В России в июне 2011 года Минобрнауки отобрало шесть проектов класса «меганаука». Одним из критериев отбора проекта была готовность других стран участвовать в их развитии. Для первоочередного развития отобраны три российских научных мегапроекта: термоядерная установка «Игнитор», нейтронный реактор ПИК и коллапсер NICA.

Мировая тенденция современного развития – формирование современной инновационной экономики знаний (the hyper-competitive, global, knowledge-driven economy of the 21st Century¹) в условиях стремительного развития технологий, тотальной компьютеризации и автоматизации, глобализации и гиперконкуренции, постоянно ускоряющихся изменений.

Общепризнанной становится задача создания и развития инновационной экономики знаний, высоких технологий и наукоемких производств. Задача состоит в том, чтобы создать “экономику, генерирующую и применяющую наукоемкие инновации”, а не генерировать “инновации” для их мучительного внедрения в экономику².

1.1. Общемировые условия развития инновационной экономики знаний

1. Глобализация рынков и гиперконкуренция. Глобализация рынков, конкуренции, образовательных и промышленных стандартов, финансового капитала и наукоемких инноваций требует гораздо более быстрых темпов развития, коротких циклов, низких цен и высокого качества, чем когда-либо прежде³. Быстрота реакции на вызовы и скорость выполнения работ, подчеркнем, на мировом уровне начинают играть особую роль.

2. Быстрое и интенсивное развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и наукоемких компьютерных технологий (НКТ), нанотехнологий. Развитие и применение передовых ИКТ, НКТ и нанотехнологий, которые носят “надотраслевой характер”, способствует кардинальному изменению характера конкуренции и позволяет “перепрыгнуть” десятилетия экономической и технологической эволюции. Ярчайшим примером такого “скачка” являются Бразилия, Китай, Индия и другие страны Юго-Восточной Азии.

3. Сверхсложные и гиперсложные проблемы (“мега-проблемы”)⁴. Мировые наука и промышленность сталкиваются со все более сложными комплексными проблемами, которые не могут быть решены на основе традиционных (“узкоспециализированных”) подходов. Вспоминается “правило трех частей”: проблемы делятся на I – легкие, II – трудные и III – очень трудные. Проблемами I заниматься не стоит, они будут решены в ходе развития событий и без вашего участия, проблемы III вряд ли удастся решить в настоящее время или в обозримом будущем, поэтому стоит обратиться к решению проблем II, размышляя над проблемами III, которые часто и определяют “вектор развития”.

Как правило, такой сценарий развития приводит к интеграции отдельных научных дисциплин в меж-, мульти- и транс- дисциплинарные научные на-

правления, развитию отдельных технологий в технологические цепочки нового поколения, интеграции отдельных модулей и компонентов в иерархические системы более высокого уровня и развитию мега-систем – крупномасштабных комплексных научно-технологических систем, которые обеспечивают уровень функциональности, который не достижим для их отдельных компонентов.

Например, в фундаментальных научных исследованиях применяется термин "меганаука" (mega-science), связанный с мегапроектами создания исследовательских установок, финансирование, создание и эксплуатация которых выходит за рамки возможностей отдельных государств⁴ (например, проекты: Международная Космическая Станция (МКС); Большой Адронный Коллайдер (БАК, Large Hadron Collider, LHC); Интернациональный Термоядерный Экспериментальный Реактор (ИТЭР; International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER) и др.

4. "Размыwanie границ". Происходит все большее размыwanie отраслевых границ, сближение секторов и отраслей экономики, размыwanie границ фундаментальной и прикладной науки за счет необходимости решения комплексных научно-технических проблем, возникновения мега-проблем и мега-систем, диверсификации и активизации деятельности, зачастую на основе современных форм – аутсорсинга и аутстаффинга, а также на основе эффективной кооперации компаний и учреждений как в рамках отрасли (например, формирование высокотехнологичных кластеров из научно-образовательных организаций и промышленных фирм, от крупных госкомпаний до малых инновационных предприятий), так и из разных отраслей. Отличительной характеристикой времени является создание с применением современных нанотехнологий новых функциональных и smart-материалов, материалов с заданными физико-механическими и управляемыми свойствами, сплавов, полимеров, керамик, композитов и композитных структур, которые, с одной стороны, являются "материалами-конструкциями", а с другой стороны, сами являются составной частью или компонентом макроконструкции (автомобиля, самолета, и т.д.).

1.2. (Инженерное образование - Наука - Промышленность) *Инновации⁵

В рамках формирующейся в России инновационной экономики знаний должен быть сформирован и получить гармоничное развитие Единый национальный комплекс «(Образование – Наука – Промышленность) * Инновации», где Инновации выступают в качестве мультиакселератора интеграции и развития достижений в образовании, науке и промышленности (включая ТЭК, ОПК, транспорт, связь, строительство и т.д.).

Отметим основные принципы построения современных организаций, предприятий и учреждений инновационной экономики знаний:

– принцип государственного участия через осуществление политики, направленной на улучшение взаимодействий между различными участниками инновационного процесса (образованием, наукой и промышленностью);

ИСТОЧНИКИ:

5. Рудской А.И., Боровков А.И., Романов С.В. Форсайт-структура. Принципы построения и развития. Опыт реализации // Материалы XI Всероссийской конф. по проблемам науки и высшей школы "Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах". СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2007. 12 - 28.



Рисунок 1. ЕНК (Инженерное образование - Наука - Промышленность)*Инновации

– принцип приоритетности долгосрочных целей – необходимо сформулировать видение (vision) долгосрочной перспективы развития структуры на основе развития имеющихся конкурентных преимуществ и инновационного потенциала, миссию, и далее, на основе технологий позиционирования и дифференциации разработать стратегию инновационного развития;

– принципы Э. Деминга: постоянство цели (“распределение ресурсов таким образом, чтобы обеспечить долговременные цели и высокую конкурентоспособность”); непрерывное улучшение всех процессов; практика лидерства; поощрение эффективных двухсторонних связей в организации и разрушение барьеров между подразделениями, службами и отделениями; практика подготовки и переподготовки кадров; реализация программ образования и поддержки самосовершенствования сотрудников (“знания – источник успешного продвижения в достижении конкурентоспособности”); непоколебимая приверженность высшего руководства к постоянному улучшению качества и производительности;

– кайдзен-принципы – принципы непрерывного процесса совершенствования, составляющие центральную концепцию японского менеджмента; основные компоненты кайдзен-технологий: всеобщий контроль качества (TQC); менеджмент, ориентированный на процесс; концепция “стандартизированной работы” как оптимального сочетания работников и ресурсов; концепция “точно вовремя” (just-in-time); PDCA-цикл “планируй – делай – изучай (проверяй) – воздействуй” как модификация “колеса Деминга”; концепции 5-W/1-H (Who – What – Where – When – Why / How) и 4-M (Man – Machine – Material – Method). Принципиально важно, что в кайдзен должны быть вовлечены все – “от высшего руководства до рядовых сотрудников”, т.е. “кайдзен – дело всех и каждого”;

– принцип McKinsey – “война за таланты” – “в современном мире выигрывают те организации, которые являются наиболее привлекательными на рынке труда и делают все, чтобы привлечь, помочь развитию и удержать

наиболее талантливых сотрудников"; "назначение отличных работников на ключевые позиции в организации – основа успеха";

– принцип "компания – создатель знания" (The Knowledge Creating Company). Основные положения этого подхода: "знание – основной конкурентный ресурс"; организационное обучение; теория создания знания организацией, основанная на способах взаимодействия и трансформации формализованных и неформализованных знаний; спираль, точнее, геликоид, создания знания, разворачивающийся "вверх и вширь"; команда, создающая знание и состоящая, как правило, из "идеологов знания" (knowledge officers), "организаторов знания" (knowledge engineers) и "практиков знания" (knowledge practitioners);

– принцип самообучающейся организации (Learning Organisation). В современных условиях "жесткая конструкция" организации становится препятствием для быстрого реагирования на внешние изменения и эффективного использования ограниченных внутренних ресурсов, поэтому организация должна обладать таким внутренним строением, которое позволит ей постоянно адаптироваться к постоянным изменениям внешней среды. Основные составляющие обучающейся организации (П. Сенге): общее видение, системное мышление, мастерство совершенствования личности, интеллектуальные модели, групповое обучение на основе регулярных диалогов и дискуссий;

– принцип "скорострельности" Toyota – "мы делаем все необходимое, чтобы сократить временной промежуток от момента, когда Заказчик обращается к нам, и до момента оплаты за выполненную работу" – совершенно очевидно, что такая установка нацеливает на непрерывное улучшение и совершенствование;

– принцип "обучение через решение задач" – развитие системы регулярного участия студентов и сотрудников в совместном выполнении реальных проектов (в рамках деятельности виртуальных проектно-ориентированных команд) по заказам предприятий отечественной и мировой промышленности на основе опережающего приобретения и применения современных ключевых компетенций, в первую очередь технологий компьютерного инжиниринга;

– принцип "образование через всю жизнь" – развитие комплексной и междисциплинарной подготовки / профессиональной переподготовки квалифицированных и компетентных специалистов мирового уровня в области наукоемкого компьютерного инжиниринга на основе передовых наукоемких компьютерных технологий;

– принцип меж- / мульти- / транс- дисциплинарности – переход от узкоспециализированных отраслевых квалификаций как формально подтвержденного дипломом набора знаний к набору ключевых компетенций ("активных знаний", "знаний в действии" – "Knowledge in Action!") – способности и готовности вести определенную деятельность (научную, инженерную, конструкторскую, расчетную, технологическую и т.д.), отвечающую высоким требованиям мирового рынка;

– принцип капитализации Know-How и ключевых компетенций – реализация этого принципа в условиях глобализации и гиперконкуренции позволит постоянно подтверждать высокий уровень выполняемых НИР, НИОКР и НИОКТР, создавать новые научные и технологические заделы путем систематической капитализации и многократного тиражирования на практике как отраслевых, так и меж- / мульти- / транс- дисциплинарных Know-How; именно этот принцип лежит в основе создания и распространения в рамках организации ключевых компетенций – гармоничной совокупности взаимосвязанных навыков и технологий, содействующих долгосрочному процветанию организации;

– “принцип инвариантности” мультидисциплинарных надотраслевых компьютерных технологий, позволяющий создавать значительные и уникальные научно-образовательные практические заделы путем систематической капитализации и многократного применения на практике многочисленных меж- / мульти- / транс- дисциплинарных Know-How, отладить рациональные эффективные, схемы и алгоритмы инженерной (политехнической) системы трансфера, что принципиально важно для создания инновационной инфраструктуры будущего.

Укажем основные особенности политехнической системы трансфера:

– развитие собственных ключевых технологий (принципиально важно, чтобы эти технологии отвечали бы мировому уровню) и импорт стремительно развивающихся ключевых технологий мирового уровня, разрабатываемых высокотехнологичными компаниями-вендорами, являющихся глобальными лидерами;

– трансфер актуальных промышленных задач и проблем в политехническую инновационную научно-образовательную среду;

– трансфер меж- / мульти- / транс- дисциплинарных знаний, технологий и решений из политехнической научно-образовательной среды в различные отрасли отечественной и мировой промышленности;

– трансфер и адаптация перспективных технологий, зарекомендовавших себя в одной отрасли промышленности, в другую отрасль промышленности на основе “принципа инвариантности” ключевых мультидисциплинарных надотраслевых компьютерных технологий;

– экспорт высококачественных интеллектуальных услуг и наукоемких инженерно-технологических сервисов.

Жизненный цикл ключевых групп технологий и рынков

Обладание передовыми технологиями является важнейшим фактором обеспечения национальной безопасности и процветания национальной экономики любой страны. Преимущество страны в технологической сфере обеспечивает ей приоритетные позиции на мировых рынках и одновременно увеличивает ее оборонный потенциал, позволяя компенсировать уровнем и качеством высоких технологий диктуемые экономическими потребностями необходимые количественные сокращения. Отстать в развитии базовых и критических технологий, представляющих фундаментальную основу технологической базы и обеспечивающих инновационные прорывы, значит, безнадежно отстать в общечеловеческом прогрессе.

Процесс развития базовых технологий в разных странах различен и неравномерен. В настоящее время США, Евросоюз и Япония являются представителями высокоразвитых в технологическом отношении стран, которые держат в своих руках ключевые технологии и обеспечивают себе устойчивое положение на международных рынках готовой продукции, как гражданского, так и военного назначения. Это дает им возможность занимать доминирующее положение в мире.

Падение "железного занавеса" поставило перед Россией сложнейшую историческую задачу – войти в мировую экономическую систему. В связи с этим важно отметить, что стратегия технологического развития России в корне отличается от стратегии СССР и основывается на отказе от концепции "замкнутого технологического пространства" – создания всего спектра наукоемких технологий собственными силами, что представляется малореальным из-за существующих серьезных финансовых ограничений. В сложившейся ситуации необходимо эффективно использовать технологические достижения других развитых стран ("открытые технологические инновации", "Open Innovations"), развивать технологическое сотрудничество (по возможности, "встраиваться в технологические цепочки" фирм-лидеров), стремиться к максимально широкой кооперации и международному разделению труда, учитывая динамику этих процессов во всем мире, и, самое главное, систематически аккумулируя и применяя передовые наукоемкие технологии мирового уровня. Необходимо понимать, что передовые в технологическом отношении страны уже фактически создали единое технологическое пространство.

2.1. Основные тенденции и подходы современного инжиниринга^{6,7,8,9}

1. "MultiDisciplinary & MultiScale & MultiStage Research & Engineering – мультидисциплинарные, многомасштабные (многоуровневые) и многостадийные исследования и инжиниринг на основе меж- / мульти- / транс- дисциплинарных, иногда называемых "мультифизическими" ("MultiPhysics"),

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

П.В. Турчин, проф. Коннектикутского университета. На пороге великих открытий. // STRF.ru. 28.11.2008 г.: Насколько мне известно, за последние десятилетия все основные научные прорывы произошли не в рамках какой-то одной науки, а в результате междисциплинарных исследований».

Концепция развития исследовательской и инновационной деятельности в российских вузах. Проект. Департамент стратегического развития Минобрнауки России, 2010: «Необходимо развитие сети инновационных, прикладных исследовательских организаций, преимущественно междисциплинарного профиля, способных на новом качественном уровне заменить ослабленную на многих направлениях систему отраслевых научно-исследовательских институтов».

ИСТОЧНИКИ:

6. Боровков А.И. PLM-технологии, компьютерный инжиниринг, глобальный аутсорсинг. Часть 1. Современное состояние, тенденции и перспективы развития // Конструктор-машиностроитель. Информационно-аналитический журнал. Декабрь, 2005. 4 – 7.

ИСТОЧНИКИ:

7. Боровков А.И. PLM-технологии, компьютерный инжиниринг, глобальный аутсорсинг. Часть 2. Глобализация и компьютерный инжиниринг как основные ускорители развития PLM-технологий // Конструктор-машиностроитель. Информационно-аналитический журнал. Март, 2006. 06 – 13.

8. Боровков А.И. PLM-технологии: вчера, сегодня, завтра. Каталог САПР. Программы и производители 2008-2009. - М.: Солон-Пресс. 2008. 24 - 29.

9. Боровков А.И. PLM-технологии: вчера, сегодня, завтра. Каталог САПР. Программы и производители 2011-2012. - М.: Солон-Пресс. 2011.

компьютерных технологий, в первую очередь, наукоемких технологий компьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering). Как правило, осуществляется переход от отдельных дисциплин, например, теплопроводности и механики, на основе термо-механики, электромагнетизма и вычислительной математики к мультидисциплинарной вычислительной термо-электро-магнито-механике (концепция MultiDisciplinary), от одно-масштабных моделей к многомасштабным иерархическим нано-микро-мезо-макро моделям (концепция MultiScale), применяемым совместно с НКТ при создании новых материалов со специальными свойствами, разработке конкурентоспособных систем, конструкций и продуктов нового поколения на всех технологических этапах "формирования и сборки" конструкции (например, литье – штамповка / ковка / ... / гибка – сварка и т.д., концепция MultiStage).

2. "Simulation Based Design" – компьютерное проектирование конкурентоспособной продукции, основанное на эффективном и всестороннем применении конечно-элементного моделирования (Finite Element Simulation, FE Simulation) – де-факто основополагающая парадигма современного машиностроения в самом широком смысле этого термина. В основе концепции "Simulation Based Design" лежит метод конечных элементов (МКЭ; Finite Element Method, FEM) и передовые компьютерные технологии, тотально использующие современные средства визуализации:

– CAD, Computer-Aided Design – компьютерное проектирование (САПР, Система Автоматизированного Проектирования, или, точнее, но тяжеловеснее Система Автоматизации Проектных Работ, а потому используется реже); в настоящее время различают три основных подгруппы CAD: машиностроительные CAD (MCAD – Mechanical CAD), CAD печатных плат (ECAD – Electronic CAD / EDA – Electronic Design Automation) и архитектурно-строительные CAD (CAD/AEC – Architectural, Engineering and Construction), отметим, что наиболее развитыми являются MCAD-технологии и соответствующий сегмент рынка. Итогом широкого внедрения CAD-систем в различные сферы инженерной деятельности явилось то, что около 40 лет назад Национальный научный фонд США назвал появление CAD-систем самым выдающимся событием с точки зрения повышения производительности труда со времен изобретения электричества;

– FEA, Finite Element Analysis – конечно-элементный анализ, в первую очередь, задач механики деформируемого твердого тела, статики, колебаний, устойчивости динамики и прочности машин, конструкций, приборов, аппаратуры, установок и сооружений, т.е. всего спектра продуктов и изделий из различных отраслей промышленности; с помощью различных вариантов МКЭ эффективно решают задачи теплообмена, электромагнетизма и акустики, строительной механики, технологические задачи (в первую очередь, задачи пластической обработки металлов), задачи механики разрушения, задачи механики композитов и композитных структур;

– CFD, Computational Fluid Dynamics – вычислительная гидроаэродинамика, где основным методом решения задач механики жидкости и газа выступает метод конечных объемов;

– CAE, Computer-Aided Engineering – наукоемкий компьютерный инжиниринг, основанный на эффективном применении мультидисциплинарных надотраслевых CAE-систем, основанных на FEA, CFD и других современных вычислительных методов. С помощью (в рамках) CAE-систем разрабатывают и применяют рациональные математические модели, обладающие высоким уровнем адекватности реальным объектам и реальным физико-механическим процессам, выполняют эффективное решение многомерных исследовательских и промышленных задач, описываемых нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных; часто FEA, CFD и MBD (Multi Body Dynamics) считают взаимодополняющими компонентами компьютерного инжиниринга (CAE), а терминами уточняют специализацию, например, MCAE (Mechanical CAE), ECAE (Electrical CAE), AEC (Architecture, Engineering and Construction) и т.д.

Как правило, конечно-элементные модели сложных конструкций и механических систем содержат $10^5 - 25 \cdot 10^6$ степеней свободы, что соответствует порядку системы дифференциальных или алгебраических уравнений, которую необходимо решить. Обратимся к рекордам. Например, для CFD-задач рекорд составляет 10^9 ячеек (компьютерное моделирование гидро- и аэродинамики океанской яхты с использованием CAE-системы ANSYS, август 2008 года), для FEA-задач – $5 \cdot 10^8$ уравнений (конечно-элементное моделирование в турбомашиностроении с применением CAE-системы NX Nastran от Siemens PLM Software, декабрь 2008 года), предыдущий рекорд для FEA-задач – $2 \cdot 10^8$ уравнений также принадлежал Siemens PLM Software и был установлен в феврале 2006 года.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

Щедровицкий П.Г., президент Института развития им. Г. П. Щедровицкого, член правления фонда «Центр стратегических разработок „Северо-запад“»: Позиция универсализм-междисциплинарность. Генеральный конструктор был в большей степени управленец, имеющий инженерную подготовку – т.е. мог принимать решения, в том числе – технического плана. Проблема управления не решается ни из инженерных позиций, ни с позиций профессионального менеджмента (в первом случае научные характеристики могут оказаться принципиальными, а во втором – при способности принимать волевые решения, не хватает технической компетенции). Необходимы изменения в системах принятия решений.

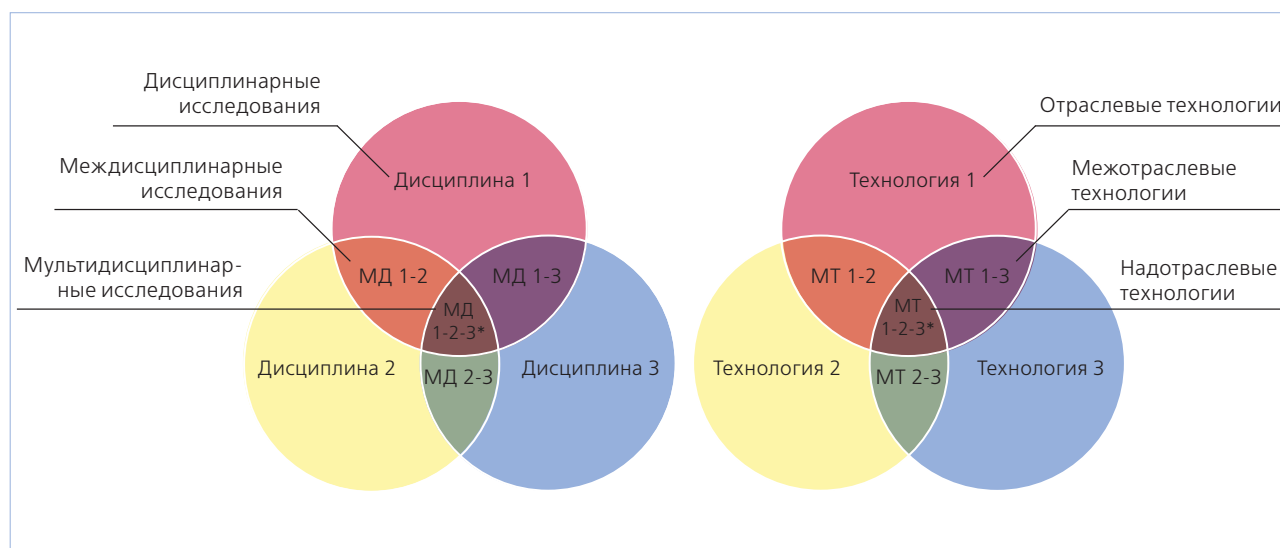


Рисунок 2. Мультидисциплинарные исследования и надотраслевые технологии

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

М.В. Ковальчук. Конвергенция наук и технологий - прорыв в будущее. Российские нанотехнологии. том 6, № 1-2 2011. www.nanorrf.ru: Всего несколько десятилетий назад появились информационные технологии, которые поначалу рассматривались в прежней отраслевой парадигме: появилась еще одна отрасль, еще одна новая технология. Но в действительности в лице информационных технологий впервые появилась технология, имеющая НА-Дотраслевой характер. Сегодня очевидно, что ни в одной из известных отраслей нет прогресса без использования информационных технологий – это и телемедицина, и дистанционное обучение, и числовые управляемые станки, автоматическая система пилотирования автомобилей, самолетов, кораблей и т.д. И уже вслед за информационными технологиями появились нанотехнологии, внутренняя логика развития которых призвана соединить существующую узкоспециализированную науку и отраслевую экономику в единую картину естествознания, но уже на новом уровне развития цивилизации, новом укладе промышленного производства, основанном на использовании отдельных атомов и молекул. Играя столь же важную надотраслевую роль, как информационные технологии, нанотехнологии, в отличие от первых, материальны, так как они прежде всего дают принципиально новый способ конструирования материалов.

Мультидисциплинарные исследования выступают фундаментальной научной основой надотраслевых технологий (ИКТ, наукоемкие суперкомпьютерные компьютерные технологии на основе результатов многолетних меж-, мульти- и транс- дисциплинарных исследований, трудоемкость создания которых составляет десятки тысяч человеко-лет, нанотехнологии, ...), НБИК-технологии (НБИК-центр в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» и НБИК-факультет в НИУ МФТИ; М.В. Ковальчук), новые парадигмы современной промышленности, например, SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Product Development, "цифровое производство", "умные материалы" и "умные конструкции", "умные заводы", "умные среды" и т. д.). Надотраслевые технологии способствуют стремительному распространению и проникновению новых меж- и мультидисциплинарных знаний в новые области, межотраслевому трансферу передовых «инвариантных» технологий. Именно поэтому мультидисциплинарные знания и надотраслевые наукоемкие технологии являются «конкурентными преимуществами завтрашнего дня». Их широкое внедрение позволит обеспечить инновационное развитие высокотехнологичных предприятий национальной экономики.

3. В XXI веке основополагающая концепция "Simulation Based Design" интенсивно развивалась силами ведущих фирм-вендоров САЕ-систем и промышленных компаний. Эволюцию основных подходов, тенденций, концепций и парадигм от "Simulation Based Design" до "Digital Manufacturing" ("Цифровое производство") можно представить следующим образом, выделяя на каждом этапе цветом принципиально новый компонент:

Simulation Based Design =>

- Simulation Based Design / Engineering (не только "проектирование", но и "инжиниринг") =>
- MultiDisciplinary Simulation Based Design / Engineering ("мультидисциплинарность" – задачи становятся комплексными, требующими для своего решения знаний из смежных дисциплин) =>
- SuperComputer Simulation Based Design (широкое применение HPC-технологий (High Performance Computing), суперкомпьютеров, высокопроизводительных вычислительных систем и кластеров в рамках иерархических киберинфраструктур для решения сложных мультидисциплинарных задач, выполнения многомодельных и многовариантных расчетов) =>
- SuperComputer (MultiScale / MultiStage * MultiDisciplinary * MultiTechnology) Simulation Based Design / Engineering (применение триады: "многомасштабность" / "многостадийность" * "мультидисциплинарность" * "мультитехнологичность") =>
- SuperComputer (Material Science * Mechanics) (Multi**3) Simulation Based Design / Engineering (одновременное компьютерное проектирование и инжиниринг материалов и элементов конструкций из них – гармоничное объединение механики материалов и конструкций) =>
- SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization

Based Design / Engineering (применение Smart-материалов / "умных" материалов, применение разных видов оптимизации (параметрической, многомерной, структурной, топологической, многокритериальной и т.д.), рациональной оптимизации технологических процессов и т.д.) =>

– SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Product Development (проектирование, инжиниринг и оптимизацию расширяем до производства продукции и переходим к Virtual Product Development – виртуальной разработке продукции / изделий) =>

– Digital Mock-Up / Digital Manufacturing ("цифровой прототип" – виртуальная, цифровая 3-D модель изделия и всех его компонентов, позволяющая исключить из процесса разработки изделия создание дорогостоящих натурных моделей-прототипов, позволяющая "измерять" и моделировать любые характеристики объекта в любых условиях эксплуатации / "цифровое производство" – как основные компоненты "умных" заводов и фабрик).

Для современного инжиниринга, кроме концепций SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Product Development, Virtual Product Development и Digital Manufacturing характерным является применение следующих подходов и инновационных технологий:

4. CAD/CAM-технологии (Computer-Aided Design / Manufacturing), которые интегрируют CAD- и CAM- системы и обеспечивают интегрированное решение задач конструкторского и технологического проектирования, включая средства 3-D параметрического моделирования, выпуска чертежей, а также средства технологической подготовки производства, в первую очередь, с помощью программ для станков с ЧПУ или, в последнее время, с помощью технологий быстрого прототипирования (Rapid Prototyping, RP) или аддитивных технологий (Additive Technologies, AD).

5. Concurrent Engineering (CE) – "конкурентное" проектирование / параллельное проектирование / совместное проектирование) – совместная работа экспертов из различных функциональных подразделений предприятия на как можно более ранней стадии разработки продукта с целью достижения высокого качества, функциональности и технологичности за как можно более короткое время с минимальными затратами. CE является, главным образом, выражением желания увеличить конкурентоспособность продукции за счет сокращения жизненного цикла изделия, а также повышения качества и снижения цены.

6. PDM-системы (Product Data Management, PDM) – системы управления данными об изделии, иногда называемые системами для коллективной работы с инженерными данными (Collaborative PDM, cPDM).

7. Research Knowledge Management – менеджмент, генерация, капитализация и тиражирование формализованных и, что принципиально более важно, неформализованных знаний – основного источника конкурентоспособности. Для дополнения мультидисциплинарных надотраслевых CAE-систем с точки зрения управления знаниями (хранение и управление: данными, data; результатами, results, методами, methods; процессами, processes) были разработаны системы: управления инженерными знаниями-

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

Дорофеев К.В., зам. зав. кафедрой №82 «Стратегического планирования и методологии управления» факультета Управления и экономики высоких технологий НИЯУ «МИФИ»: В вводной части зелёной книги высказана правильная мысль о трендах, связанных с необходимостью проектного обучения, междисциплинарностью образования, являющихся «общим местом» и консенсусом в образовательной среде. Из этого текста складывается впечатление, что поиск новой парадигмы инженерного образования лежит на оси узкой специализации и универсализма, что не совсем правильно. Узкая специализация возникла в 19-20 веке как ответ на усложнение объектов техносферы. На сегодняшний день эти причины не исчезли и более усугубились. Узкая специализация – эффективный инструмент освоения массива незнания. Сейчас маятник качнулся в обратную сторону, поскольку междисциплинарные исследования приводят к большему результату, чем узкоспециализированная работа. Тем не менее, это не означает отказа от узкой специализации, в т.ч. и в образовании. Нужно акцентировать в документе такую мысль, что новая картина инженерного образования предполагает диверсификацию путей. Мы имеем дело с усложняющимся видом деятельности, способ обучения в этой среде должен быть полифункциональным и многовекторным.

ИСТОЧНИКИ:

10. CAE-ТЕХНОЛОГИИ – КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. М.П. Федоров, А.И. Боровков, Ю.Я. Болдырев, В.А. Пальмов. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Материалы VI Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах» 6 июня 2002 г., Санкт-Петербург. Труды СПбГПУ, т.1. СПб. Изд-во СПбГПУ.17-24.

11. Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу. Итоги воркшопов «Основные тенденции развития технологий и рынков инжиниринга и проектирования» и «Основные тенденции развития технологий и рынков современных материалов» Центр стратегических разработок «Северо-Запад». 2012.

СПРАВОЧНО:

В рамках единого информационного пространства PLM-технологии объединяют усилия различных специалистов (конструкторов, инженеров-расчетчиков, технологов, менеджеров проектов и др.) для своевременного достижения поставленных целей. PLM-технологии интегрируют процессы, бизнес-системы и разнообразные потоки информации об изделии, что позволяет компаниям более эффективно использовать интеллектуальное богатство, накопленное за годы проектирования и производства продукции.

ми (Engineering Knowledge Management, EKM), управления жизненным циклом конечно-элементного (КЭ) моделирования (симуляции) (Simulation Lifecycle Management, SLM); управление процессами КЭ моделирования (Simulation Process Management, SPM); управления конечно-элементным КЭ моделированием изделия (Product Simulation Management, PSM), наконец, управления КЭ моделированием на уровне предприятия (Enterprise Simulation Management, ESM).

8. Кроме применения CAD/CAM/CAE/PDM-систем, начиная с 1990-х годов прошлого века в промышленности используются ERP-системы (Enterprise Resources Planning, ERP) – системы планирования и управления ресурсами предприятия, а в начале нынешнего столетия самое серьезное внимание было обращено на MES-системы (Manufacturing Enterprise Solutions, MES) – корпоративные системы управления производством на уровне цеха, SCM-системы (Supply Chain Management, SCM) – системы управления цепочкой поставок и взаимоотношениями с поставщиками –), CRM-системы (Customer Relationship Management, CRM) – системы управления взаимоотношениями с заказчиками.

9. Проблемы организации командной работы над проектами и эффективного управления информацией об изделии на протяжении его жизненного цикла привлекали к себе внимание с 1980-х годов прошлого столетия. Для решения этих проблем предлагались различные подходы, например, Министерство обороны США предложило методику автоматизированной поддержки принятия решений по приобретению изделий и материально-техническому обеспечению (Computer-aided Acquisition and Logistics Support, CALS), а корпорация IBM выдвинула концепцию компьютерного интегрированного производства (Computer Integrated Manufacturing, CIM). Возможно, эти инициативы опередили свое время, но в силу ряда причин они не получили широкого распространения и не вызвали особого энтузиазма у пользователей.

В конце минувшего тысячелетия IBM разработала новую концепцию – PLM, которой повезло значительно больше, чем CALS- и CIM-технологиям, и спрос на PLM-продукты стал расти, невзирая на спады и кризисы мировой экономики.

Основное назначение PLM-технологий – объединение и эффективное взаимодействие изолированных участков автоматизации, образовавшихся в результате внедрения различных систем – CAD/CAM, CAE, PDM, EKM/SLM/SPM/PSM/ESM, RP/AD, ERP, MES, SCM и CRM – в рамках единого информационного пространства, а также для реализации сквозного конструкторского, технологического и коммерческого циклов производства продукции – “от зарождения идеи, создания продукта, его эксплуатации и, наконец, до его утилизации”.

Принципиально важно понимать, что основу PLM-технологий составляют CAD/CAM-, CAE- и PDM (EKM/SLM/SPM/PSM/ESM)-технологии, благодаря совместному использованию которых традиционный последовательный подход к разработке новых изделий заменен современным интегрированным подходом. Этот подход обеспечивает одновременное компьютерное

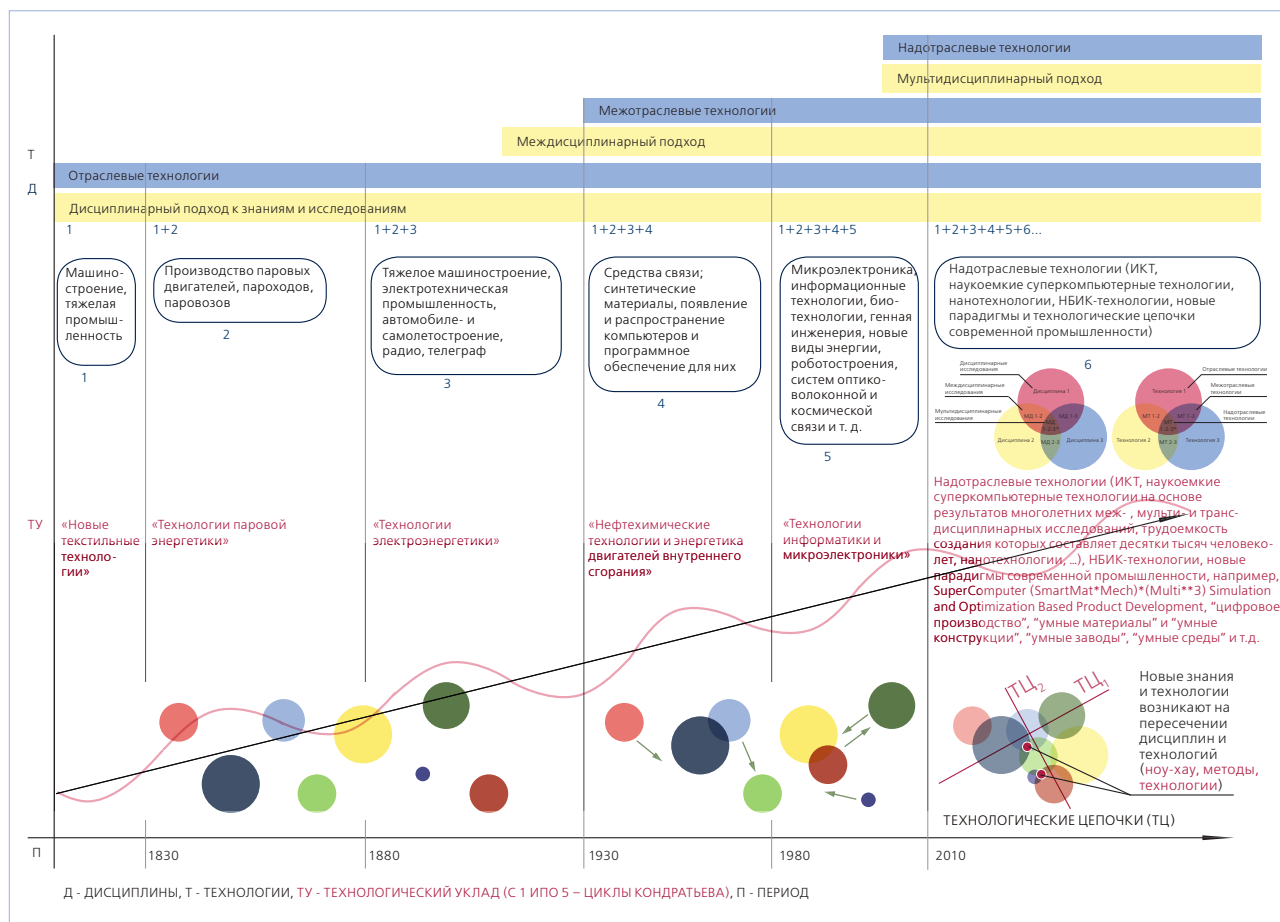


Рисунок 3. Переход от узкоспециализированных к мультидисциплинарным исследованиям

проектирование изделия с помощью CAD-системы, выполнение многовариантных инженерных CAE-расчетов (компьютерный инжиниринг) и технологическую подготовку производства с помощью CAM-системы на основе совместного использования проектных данных, начиная с самых ранних стадий проектирования и инженерного анализа, одновременно различными группами специалистов с помощью PDM-системы.

10. 3D Visualization & Virtual Reality & Global Visual Collaboration – глобальное сотрудничество между рассредоточенными по всему миру и эффективно взаимодействующими командами на основе компьютерных технологий визуализации, виртуальной реальности, моделирования реалистичного поведения и создания “эффекта присутствия”;

11. Чрезвычайно важно отметить, что многие из вышеуказанных подходов, технологий и тенденций современного инжиниринга представляют собой надотраслевые технологии – “конкурентные преимущества завтрашнего дня” – технологии, применяемые во многих отраслях промышленности, способствующие межотраслевому трансферу передовых “инвариантных” технологий, надотраслевому трансферу мультидисциплинарных компьютерных технологий.

СПРАВОЧНО:

Актуальность применения PLM-технологий наиболее красочно иллюстрирует оценка стоимости исправления одной-единственной ошибки на различных стадиях подготовки производства, выполненная аналитической компанией Gartner Group около двадцати пяти лет назад:

- \$1 – концептуальное проектирование;
- \$10 – конструкторская проработка изделия;
- \$100 – изготовление макета изделия;
- \$1 000 – проектирование технологической оснастки;
- \$10 000 – изготовление оснастки;
- \$100 000 – выпуск опытной серии;
- \$1 000 000 – серийное производство.

География и основные картосхемы

ИСТОЧНИКИ:

12. Дан Медовников, Тигран Оганесян, Станислав Розмирович. Главные люди в стране. «Эксперт» №15 (749) / 18 апр 2011, 00:00 <http://expert.ru/expert/2011/15/glavnyie-lyudi-v-strane/>

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

MOVING FORWARD TO IMPROVE ENGINEERING EDUCATION. National Science Foundation. November 19, 2007: Контекст развития инженерного образования меняется. Рынки становятся все более международными. Технологические цепочки связывают все больше компаний и стран мира, требуя расширения спектра коммуникационных и культурных навыков. Конкурентным преимуществом становится высокое качество по низкой стоимости производства и услуг. В некоторых странах высококвалифицированные инженеры доступны за одну пятую часть расходов на инженеров, получивших высшее образование в других. Инженерная работа от разработки концепции до производства все чаще передается на аутсорсинг в страны, предлагающие низкую стоимость услуг (lower cost countries). Скорость изменений диктует быстрое устаревание любого набора технических компетенций.

3.1. Мировые тенденции в подготовке инженерных кадров

Обеспечение преемственности поколений и устойчивого воспроизводства квалифицированных и компетентных инженерно-технических кадров нового поколения сегодня входит в число важнейших стратегических приоритетов для тех стран, которые либо уже активно участвуют в глобальной инновационной гонке преследования, либо вплотную приблизились к признанным лидерам хайтека. США, ЕС, Китай, Индия запускают масштабные программы подготовки инженеров нового поколения.

При этом все более заметную роль в кадровой политике начинает играть демографический фактор: в то время как промышленно развитые страны Запада в последние годы по большей части озабочены выработкой разнообразных механизмов компенсации постепенно растущего дефицита специалистов, наиболее динамичные страны третьего мира с быстрорастущим населением рассчитывают в полной мере воспользоваться этим конкурентным преимуществом.

Для иллюстрации достаточно, например, упомянуть, что на долю двух государств-миллиардеров, Китая и Индии, в 2007 году уже приходилось около 31% от общей численности научно-технического персонала в мире, тогда как всего тремя годами ранее эта доля составляла 19%¹².

3.1.1. США

В 2005 году 15 ведущих общественных бизнес-сообществ США объединились в неформальную коалицию «Реализуя потенциал Америки» (Tapping America's Potential, TAP). Основная задача – поиск мер и механизмов, которые позволят США сохранить свое мировое научно-технологическое лидерство. Главный среднесрочный ориентир коалиции TAP – «общее удвоение к 2015 году, примерно с 200 тысяч человек в начале прошлого десятилетия до 400 тысяч, числа выпускников американских вузов со степенями бакалавров по STEM-специальностям (STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics)».

Авторы доклада TAP «Образование для сохранения инновационной инициативы» отмечают, что «высокообразованные технические специалисты – важнейшее дифференцирующее звено в глобальной экономической конкуренции», и ставят в пример азиатскую тройку – Китай, Индию и Южную Корею, где число выпускников вузов по естественнонаучным и инженерным дисциплинам растет регулярно и намного более быстрыми темпами (только в Южной Корее в настоящее время ежегодно выпускается уже около 200 тыс. бакалавров и магистров по линии STEM, то есть практически столько же, сколько в США). В то время тогда как в Китае и Японии на долю естественнонаучных и инженерно-технических дисциплин приходится бо-

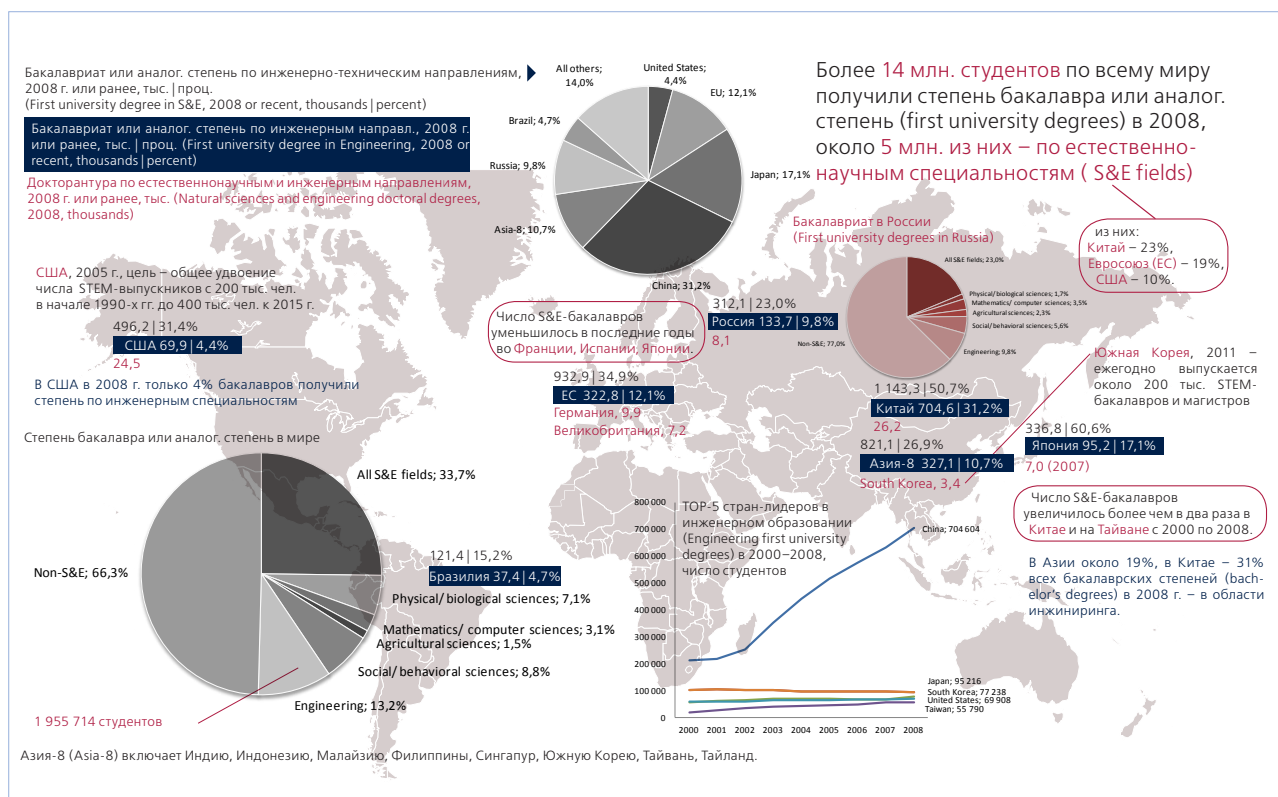


Рисунок 4. Инженерное образование в мире.

Источник: National Science Board. 2012. Science and Engineering Indicators 2012.

лее двух третей от общего числа обладателей степеней бакалавров, тот же средний показатель по 25 странам ЕС – 36%, в США бакалавров по STEM-специальностям – 24%.

Отдельная тема для беспокойства американских исследователей кадровой проблемы – необходимость скорейшей либерализации иммиграционного законодательства США: высококвалифицированные профессионалы, родившиеся за пределами США, особенно те из них, кто закончил американские университеты, на протяжении многих десятилетий являются одним из главных конкурентных преимуществ США (вспомним принцип McKinsey – “война за таланты”).

В списке общих ТАР-рекомендаций для исправления ситуации: усиление мотивации американских школьников и студентов к выбору ими естественнонаучных и инженерных STEM-специальностей, резкое улучшение качества школьного образования по естественным наукам и математике, борьба с острой нехваткой квалифицированных школьных учителей по естественным наукам и математике, разработка программ финансового стимулирования одаренных студентов по STEM, активное вовлечение частного бизнеса во взаимодействие с университетами и техническими колледжами.

3.1.2. Страны Евросоюза

Схожая озабоченность текущей ситуацией с подготовкой и обучением инженерно-технических кадров наблюдается и в Европе (прежде всего в странах – лидерах предшествующих волн ИТП – Великобритании, Германии, Франции). Так, в середине прошлого десятилетия Королевская инженерная академия (The Royal Academy of Engineering) Великобритании создала специальную рабочую группу «Инженерное образование для XXI века» для всестороннего изучения этой проблемы и разработки комплексных мер и рекомендаций по перелому негативных трендов. Эта рабочая группа констатировала затянувшуюся стагнацию в сфере обучения и выпуска ИТР в стране: «В период с 1994 по 2004 год число выпускников инженерных специальностей в британских университетах сохранялось на стационарном уровне 24,5 тыс. человек за год. Более того, по окончании учебы менее половины этих выпускников продолжили работать по специальности».

Кроме того, эксперты Королевской инженерной академии Великобритании признали, что на протяжении многих лет имеет место серьезное недофинансирование инженерных программ обучения в национальных университетах, что чрезмерное внимание руководства большинства вузов к вопросам получения финансирования и ранжирования в рейтингах негативно сказывается на общем качестве обучения естественнонаучным и инженерным дисциплинам и что университетским курсам обучения будущих инженеров и технологов явно не хватает практического наполнения для того, чтобы знания и навыки выпускников полнее удовлетворяли реальным требованиям промышленности и корпоративного сектора.

Среди предложенных ими идей – процесс аккредитации инженерных и технических программ в вузах должен учитывать постоянное совершенствование и модернизацию содержания образовательных программ и курсов, необходимо разработать комплекс мер по повышению престижа инженерно-технических профессий в обществе и стимулированию интереса британских школьников к выбору инженерно-технической специализации; иностранным выпускникам инженерных вузов Великобритании необходимо предоставлять право работы в стране на длительный срок – не менее пяти лет после окончания учебы.

Одно из недавних общеевропейских решений, призванных переломить затянувшийся негативный тренд, – создание Европейского технологического института (European Institute of Technology, EIT), который в идеале должен стать наиболее авторитетным учреждением, предоставляющим общие рекомендации как по разработке единых программ подготовки и обучения инженерно-технических кадров в Европе, так и по осуществлению таких программ на уровне отдельных стран – членов ЕС (одно из возможных направлений дальнейшего развития, обсуждаемое в ЕС, – создание на базе EIT нового кластера элитных европейских университетов).

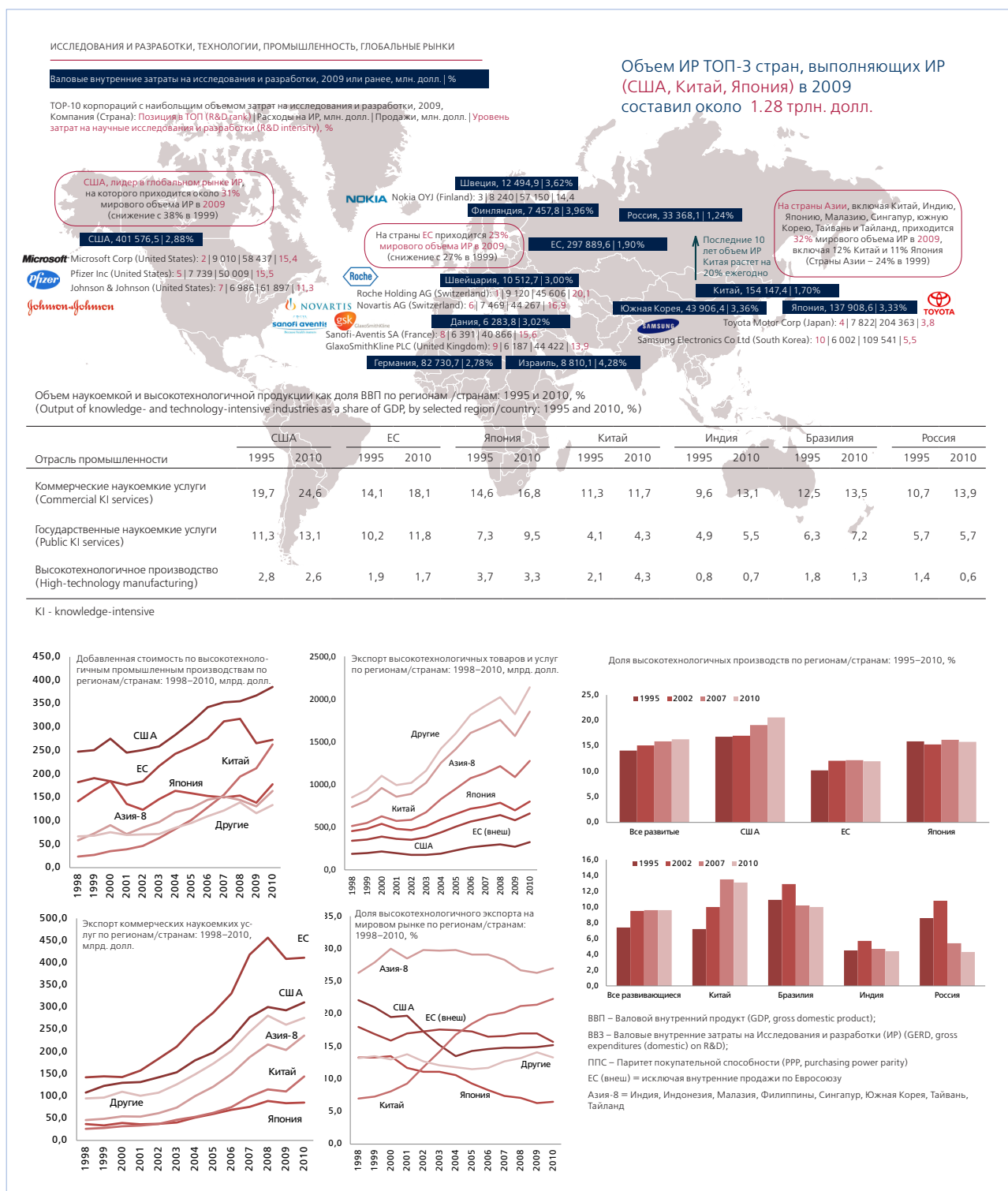


Рисунок 5. Исследования и разработки (ИР) на мировом рынке.
 Источник: National Science Board. 2012. Science and Engineering Indicators 2012.

СПРАВОЧНО:

Значительная часть наиболее одаренных молодых индийских инженеров получает возможность продолжить свое профессиональное образование и карьеру за рубежом, прежде всего в США. В частности, показательно, что 26% от общего числа новых «иммигрантских» технологических стартапов в Соединенных Штатах за период с 1995 по 2005 год было создано именно выходцами из Индии.

3.1.3. Страны Азии

В отличие от стареющих экономик Запада страны – лидеры третьего мира, Китай и Индия, располагают как минимум одним заметным преимуществом: им не приходится беспокоиться о нехватке собственных «мозгов и рук». Например, в Индии только с 1995 по 2005 год число новых студентов технических вузов выросло почти в шесть раз и составило 570 тыс. человек.

Аналитики этих новых экономических гигантов понимают, что за счет одного количественного роста быстро компенсировать серьезное отставание от США и других развитых в научно-технологической сфере стран им не удастся. Так, несмотря на достигнутые численные показатели, говорить о высоком качестве профессиональных умений и навыков молодых индийских инженеров и технологов пока не приходится: в то время как общее количество индийских бакалавров по техническим специальностям составило в 2005 году 225 тыс. человек, магистерские степени в том же году получило менее 10 тыс., а докторские – менее тысячи. В частности, текущая потенциальная нехватка обладателей ученых степеней Ph.D. технических специальностей (кандидатов технических наук) в Индии оценивается в 30 тыс. человек. Индийские эксперты отмечают, что серьезной исследовательской деятельностью занимаются лишь в 15–20 технических вузов страны, тогда как общее их число составляет почти полторы тысячи.

По данным д-ра Д. Ачарьи из Всеиндийского совета по техническому образованию (AICTE, Нью-Дели), лишь треть выпускников индийских вузов обладает уровнем знаний и умений, которые устраивают иностранных работодателей; еще около трети находят себе работу в индийских компаниях, а оставшаяся треть остается без работы по специальности.

Еще более впечатляют цифровые показатели кадрового резерва ИТР в Китае: в 2005 году вузы КНР выпустили более 500 тыс. молодых специалистов инженерного профиля. Тем не менее сами китайцы пока тоже весьма сдержанно оценивают свои среднесрочные перспективы на мировых рынках высокотехнологичной продукции. В 2010 году Китайская академия наук (КАН) опубликовала стратегический доклад «Наука и технологии в Китае: дорожная карта-2050». В этом докладе, в частности признается: «Мы должны полностью отдавать себе отчет в том, что инновационный потенциал Китая и его организационные механизмы пока очень далеки от того, чтобы достойно ответить на вызовы новой ИТР и осуществить полномасштабную модернизацию. Об этом свидетельствует целый ряд факторов. Так, Китай испытывает сильный дефицит собственных наукоемких инноваций, причем в целом ряде исследовательских направлений, на которых наиболее вероятны будущие научно-технологические прорывы, Китай выступает в роли "догоняющего лидеров"».

Более того, практически ни одно из передовых научных направлений или новых теорий не было инициировано или разработано китайцами. Китай до сих пор находится в большой зависимости от других мировых держав в сфере ключевых технологий – очень велика доля импорта важнейших технологий, а создание собственных стратегических высоких технологий идет очень медленно. Наконец, принципиальная задача создания науки и технологии с

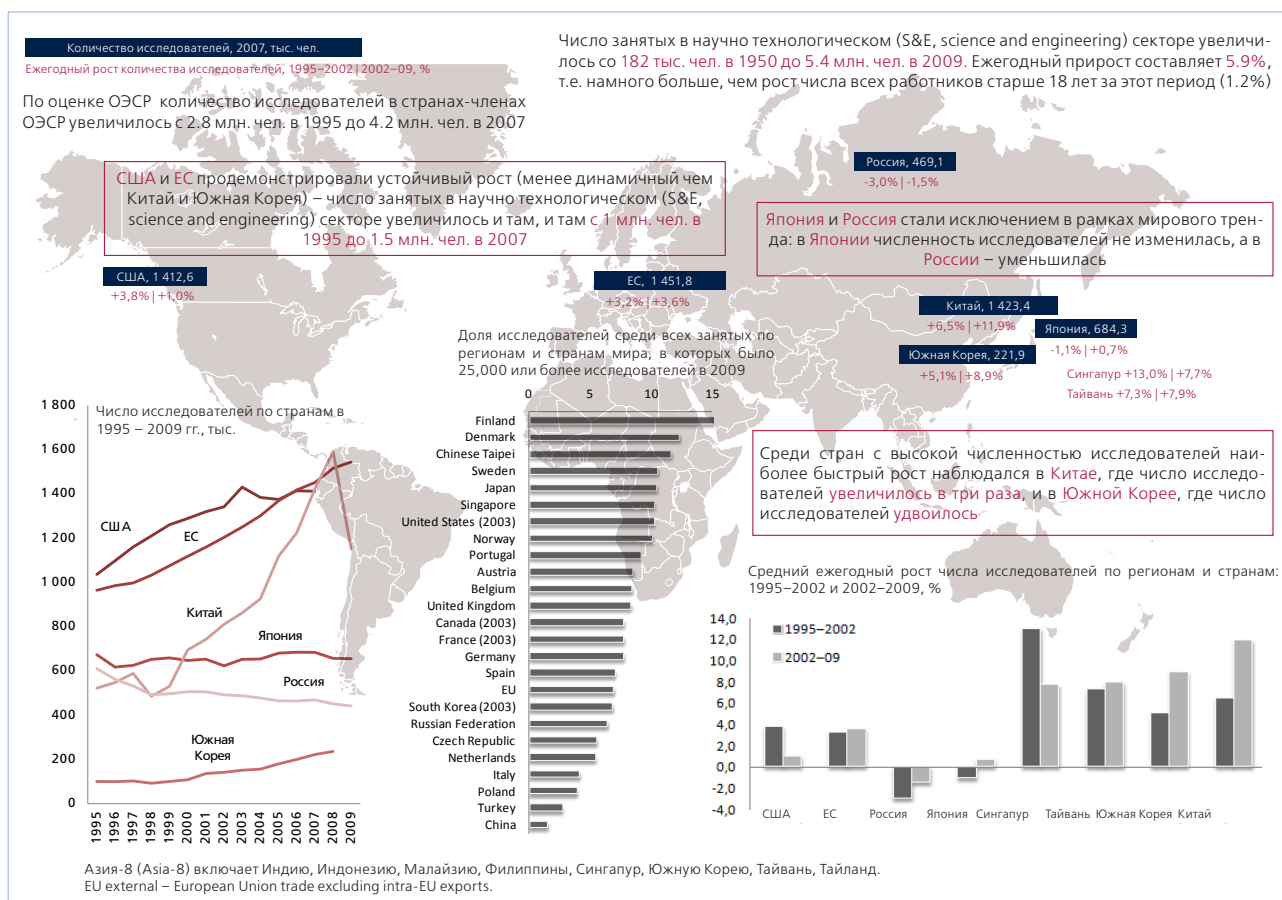


Рисунок 6. Инженеры на мировом рынке труда.

Источник: National Science Board. 2012. Science and Engineering Indicators 2012.

«китайскими особенностями» так и не была решена, вклад науки и технологии в общее экономическое развитие страны по-прежнему недостаточен, а существующая система «макроуправления» наукой и техникой не позволяет проявлять самостоятельность и инициативу институтам и учреждениям и сдерживает развитие национальной инновационной системы». Чтобы исправить эту ситуацию и выйти на «широкую дорогу научно-технического развития с национальными особенностями, Китаю необходимо осуществить стратегическую трансформацию от процесса имитации к процессу инноваций», что, в свою очередь, требует принятия широкого комплекса мер по «стимулированию роста и концентрации инновационных талантов».

В набор базовых мер, предлагаемый КАН, входит: массовое возвращение элитарных ученых и инженеров, в том числе через создание специальных национальных центров подготовки научно-технических талантов; массовая подготовка и переподготовка квалифицированных инженеров и технологов для индустрии (прежде всего через синергетическое партнерство промышленных компаний и академических институтов); выращивание молодых талантов на базе ускоренной реформы и модернизации образовательной системы; снятие различных институциональных барьеров для обеспечения эффективного «перетока мозгов» между различными регионами и отраслями и т. д.

Современная российская проблематика

ИСТОЧНИКИ:

13. Сапрыкин Д. Л. Инженерное образование в России: История, концепция, перспектива // Высшее образование в России. № 1, 2012.

СПРАВОЧНО:

Тимошенко С.П. Инженерное образование в России. Люберцы, 1987: Престиж профессора в инженерных учебных заведениях был очень высок, и лучшие таланты страны состязались за право замещения вакантных должностей в преподавательском штате. Успех в этом состязании зависел, в основном, от опубликованных научных работ претендента. Продвижение по службе преподавателя осуществлялось также на основе научной продукции, и выслуга лет при этом не принималась во внимание.

Традиция государственного инженерного образования в России заложена более 300 лет назад. В 1701 г. по инициативе Петра I в Москве создана Школа математических и навигацких наук. В 1773 г. в Санкт-Петербурге – Горный институт императрицы Екатерины II. В 1809 г. издан Манифест императора Александра I, учреждающий Корпус и Институт инженеров путей сообщения.

До 60-х гг. XIX в. ни по числу, ни по качеству подготовки инженеров Российская Империя не уступала ни одной стране мира. Это обстоятельство является одной из причин экономического и инфраструктурного рывка России в XIX в. и в первой половине XX в. Однако в 60–80-е гг. XIX в. Россия в плане подготовки инженеров пропустила вперед не только Францию, но и Германию. В конце XIX в. началась вторая волна массового создания инженерных вузов в России.

В 1830 г. утверждено «Положение о Ремесленном учебном заведении», реорганизованном в 1868 г. в Императорское московское техническое училище (ИМТУ, сейчас – МГТУ им. Н.Э. Баумана). Главной целью ИМТУ стало «образовывать механиков-строителей, инженеров-механиков, и инженеров-технологов». «Русский» метод обучения ремеслам («русский метод подготовки инженеров») стал широко известен, особенно после его демонстрации на Всемирной выставке в Вене (1873), где он был удостоен Большой золотой медали. Профессорами и преподавателями ИМТУ были выдающиеся ученые, как Д.И. Менделеев, Н.Е. Жуковский, П.Л. Чебышев, С.А. Чаплыгин, А.С. Ершов, Д.К. Советкин, Ф.М. Дмитриев, А.В. Летников, А.П. Гавриленко.

Решающий прорыв в отечественном инженерном образовании сделан в первые два десятилетия XX века – годы расцвета русского математического, естественнонаучного и технического образования. Именно тогда в России сформировалась уникальная модель и концепция физико-механического («система Физ-Меха») / физико-технического («система Физ-Теха») образования. Применение сложных математических методов и достижений в области теоретической физики, механики и химии к решению важных практических задач, становление профессиональной области прикладной науки, создание соответствующей инфраструктуры в виде институтов и лабораторий – эти тенденции сформировались в целом ряде ведущих государств, прежде всего – в Германии, США и России, еще до начала Первой мировой войны.

С середины 90-х гг. XIX в. государство активно стимулировало создание новых образовательных институтов и ставило перед учеными и инженерами новые серьезные задачи в области создания транспортной инфраструктуры, новых типов судов и авиации, военной и химической промышленности, электро- и радиотехники, энергетики и связи. Подобные запросы стали появляться и со стороны бурно развивавшейся частной промышленности.

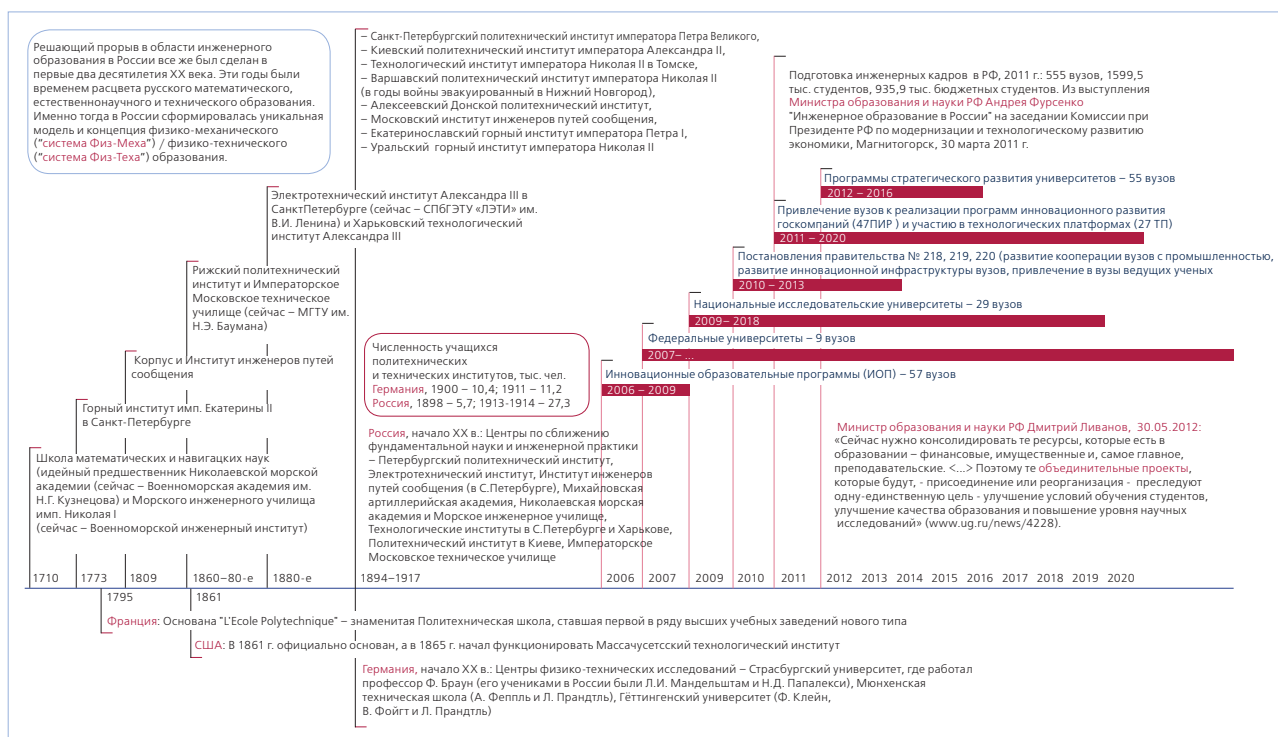


Рисунок 7. Дорожная карта развития инженерного образования в России, фрагменты.

4.1. Модель российского политехнического / физико-механического ("система Физ-Меха") / физико-технического (система "Физ-Теха") образования

Основатели Политехнического института императора Петра Великого в Санкт-Петербурге (С.Ю. Витте, В.И. Ковалевский, Д.И. Менделеев, А.Г. Гагарин, В.Л. Кирпичев, А.Н. Крылов, Н.П. Петров, А.С. Попов, Д.К. Чернов и др.) считали, что Институт должен охватывать и развивать технические науки «шире и глубже, чем было бы достаточно для университетской науки» и что «только при условии самого широкого развития научной работы в Институте может быть обеспечена подготовка инженеров всесторонне развитых, обладающих глубокими знаниями в области техники и технических наук и умеющих применить эти знания для производственных нужд».

Важно отметить, что все преподаватели российских технических вузов, помимо чисто теоретических исследований, вели практические работы, как для государственных нужд, так и для промышленности. Например, А.Н. Крылов, И.Г. Бубнов и К.П. Боклевский внесли значительный вклад в строительство нового русского флота. Н.Е. Жуковский справедливо считался «отцом русской авиации», а И.В. Мещерский заложил теоретические основы динамики тел переменной массы и современной ракетодинамики. В годы Первой мировой войны С.П. Тимошенко осуществил работы по прочностным расчетам самолетов (в том числе И.И. Сикорского), а вместе с Н.П. Петровым разработал методы повышения допустимой нагрузки транспортных путей.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

Велихов Е.П., Бетелин В.Б. Промышленность, инновации, образование и наука Российской Федерации / Вестник РАН, 2008, т. 78, № 6, 500 – 512: Инженерная школа и система инженерного образования в России, основанные на идее единства фундаментальных и прикладных исследований, внесли огромный вклад в построение той технической среды, в которой человечество живёт сегодня. К числу наиболее важных составляющих этого вклада относится сформировавшаяся в рамках российской инженерной школы концепция генерального конструктора сложной технической системы, которая базировалась на принципе научного, технического и организационного единоначалия и при проектировании, и при реализации сложной системы. Заметим ещё, что со времён строительства Николаевской железной дороги и до эпохи космических проектов в СССР генеральные конструкторы де-факто или де-юре подчинялись непосредственно первому лицу государства.

Датой оформления новой модели образования – “системы Физ-Меха” – можно считать 1911 год, когда летом в Крыму двумя одноклассниками, впоследствии академиками: физиком А.Ф. Иоффе, родоначальником советской школы физики, и механиком С.П. Тимошенко, “отцом-основателем современной прикладной механики в США”, была разработана учебная программа и составлен проект создания первого в мировой практике инженерно-исследовательского факультета – физико-механического факультета (Физ-Меха) в Петербургском Политехническом институте, не имевшего аналогов в мире и обогатившего российское политехническое образование реализацией “системы Физ-Меха”, в рамках которой “...было более обширное, а главное – более углубленное изучение математики, теоретической механики и физики, чтобы выпускать не рядовых инженеров, а ведущих деятелей в прикладной науке” – вспоминал позднее выдающийся математик, механик и кораблестроитель академик А.Н. Крылов.

В 1919 году физико-механический факультет был создан, в его первый Президиум вошли А.Ф. Иоффе, А.Н. Крылов, М.В. Кирпичев и выпускник Политехнического института П.Л. Капица (от господ студентов), впоследствии все – академики. Одновременно начал действовать научный семинар под руководством А.Ф. Иоффе, из которого вышли, в частности, “птенцы семинара Иоффе” П.Л. Капица и Н.Н. Семенов – впоследствии Лауреаты Нобелевской премии.

Гармоничное сочетание учебного и научно-исследовательского процессов составило основу “системы ФизМеха” физико-механического факультета Ленинградского политехнического института и Физико-технического института, тесно связанных с именем А.Ф. Иоффе. Новая система подготовки кадров – “система ФизМеха” – дала нашей стране выдающихся физиков XX века – трижды Героев Социалистического Труда членов Академии наук СССР Ю.Б. Харитона, И.В. Курчатова, А.П. Александрова, Я.Б. Зельдовича, И.К. Щелкина, которые совместно с другим выпускником - политехником Н.Л. Духовым, также Трижды Героем Социалистического Труда, внесли определяющий вклад в успешную реализацию Атомного проекта и создание ядерного щита.

Спустя четверть века, разработанная и применяемая в Политехническом институте “система Физ-Меха”, заложившая основы политехнической системы подготовки кадров, по инициативе выпускника Политехнического института академика АН СССР П.Л. Капицы получила творческое развитие как “система ФизТеха” сначала на физико-техническом факультете МГУ (создан в 1946 г.), а затем – в Московском физико-техническом институте (МФТИ, создан в 1951 г.).

Замечательно, что большинство крупных ученых, стоявших у истоков МФТИ и являвшихся авторами обращений к И.В. Сталину и членам советского правительства (прежде всего П.Л. Капица, но также и А.Ф. Иоффе, А.Н. Крылов, А.И. Алиханов, Н.Н. Семенов), были непосредственно связаны с Физ-Мехом Петроградского политехнического института. Следует отметить, что “система Физ-Меха” оказала определенное воздействие на европейскую и американскую науку и образование (в частности, благодаря деятельности С.П. Тимошенко, П.Л. Капицы, В.Н. Ипатьева, А.Е. Чичибабина и Б.А. Бахметьева).

4.2. Классическая концепция российского инженерного образования

Согласно устоявшемуся представлению, инженер – всего лишь «специалист», выполняющий вполне определенные «узкоспециализированные» функции. Сегодня, особенно в малых высокотехнологичных компаниях, кроме того, что инженер является «основным генератором инноваций», он должен быть одновременно и исследователем, и организатором работы «команды» (менеджером), и, наконец, руководителем. Вузы, как правило, не готовят к такой комплексной деятельности.

Говоря о целостности образования, в первую очередь вспоминают идею «гуманитаризации» технической школы. Предполагается, что, как и выпускник университета, инженер, наряду с глубокими научными и техническими знаниями, должен обладать основательной гуманитарной культурой. В профессии архитектора и гражданского инженера единство технического и художественного образования вообще составляет основу профессиональной компетенции.

Еще важнее соединение науки и практики. Особенностью русской (а также немецкой и французской) инженерной традиции с самого начала была опора на очень сильное базовое математическое и естественнонаучное образование. Деятельность инженера находится на стыке творческой научной работы и технической практики. В этом принципиальное отличие подготовки инженеров во французском, русском, а потом и немецком стиле, от традиционной подготовки «мастеров» и «техников», отталкивавшейся только от практики, лидером которой была Англия. Долгое время мастер, техник-практик шел впереди инженера, но ситуация резко поменялась, когда фундаментальная наука стала играть в области техники значительно большую роль.

Инженер должен теперь иметь способность (и возможность) к творческому развитию своей сферы деятельности. Его основанное на науке творчество должно идти не позади, а впереди практического опыта мастеров и техников. Именно это изменение, произошедшее на рубеже XIX–XX вв., породило долгосрочную тенденцию к развитию прикладной «промышленно-организованной» науки и политехнического образования.

Еще одна особенность подготовки в традиционных инженерных школах заключалась в том, что выпускников ориентировали на практическую реализацию законченных проектов, доведение их «до конца». Значительная часть выдающихся инженерных сооружений (например, мостов и шлюзов) в XIX в. были выполнены студентами под руководством преподавателей. На летней практике студенты принимали участие в реальных работах по организации постройки зданий и сооружений. В Петербургском Политехникуме, например, студент кораблестроительного отделения одно лето проводил практику в портах, следующее – на машиностроительном заводе и третье – в плавании на большом корабле.

Важно также, что русские (как и французские и немецкие) инженерные вузы готовили студентов не только к технической деятельности, но и к профессиональному выполнению функций руководителя предприятия, к роли военнослужащего и государственного служащего. Фактически, инженер с

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

Щедровицкий П.Г., президент Института развития им. Г. П. Щедровицкого, член правления фонда «Центр стратегических разработок „Северо-запад“»: Рост потребности в кадрах. Что фиксируют японцы – 1 млн. чел. в год получают инженерное образование, 200 тыс. выпускают вузы, из них они выделяют в качестве инженеров 20 тыс. человек – это те системные инженеры, которые могут создавать новый продукт. Проблематика этого доклада должна включить рассмотрение вопроса о том, как воспрепятствовать снижению числа «настоящих» системных инженеров и увеличению числа вторичных менее квалифицированных инженеров.

высшим образованием должен был быть одновременно и ученым, и техническим специалистом, и организатором промышленного производства.

Специалист, обладающий техническими знаниями, но не готовый к руководству предприятием, собственно, и не считался в полном смысле инженером, а мог быть только «кондуктором», «техником» или «помощником инженера». Подготовка к такому поприщу предполагала не только «культивацию интеллекта» и фундаментальную научную подготовку, но и «культивацию воли» и организаторских способностей. В XIX в. эту задачу помогала решать тесная связь инженерного и военного образования.

Со времен создания в Петербурге Института инженеров путей сообщения в курс подготовки инженера как будущего руководителя предприятия входил большой объем экономических знаний. Позже инженерно-экономическое и экономическое направления выделились в самостоятельные. В ведущих технических вузах страны (например, в Петербургском Политехническом институте) имелись отдельные экономические факультеты или отделения для подготовки чиновников и предпринимателей с серьезной научной подготовкой. И наоборот, в крупных коммерческих институтах в Москве и Киеве были инженерные факультеты.

Данная тенденция носила общемировой характер. Так, в США инженерное образование развивалось параллельно с внедрением «идеологии менеджмента» и «тейлористской» практики инженерно-экономической организации труда на предприятии. Разрыв этих двух практик (инженера и менеджера) произошел позже, и с образовательной точки зрения это было негативное, деградиционное явление, которого удалось избежать лишь некоторым учебным заведениям первого ряда (прежде всего – Массачусетскому технологическому институту, MIT).

Понятно, что целостное образование инженера, включающее столь разнообразные качества и большой объем «неформального знания», достаточно трудно обеспечить исключительно в рамках формального учебного процесса в вузе. Большую роль здесь играла семейная традиция образования. В России, как и в других ведущих странах, сформировались семейные инженерные династии.

XX век вместе с массовизацией инженерного образования принес разрушение его целостности. В СССР ликвидация рыночной экономики и сосредоточение высоких технологий исключительно в крупных государственных предприятиях привели к «отмиранию» целого ряда инженерных компетенций (в частности, «экономической» и «менеджерской»). Инженер в СССР все больше утрачивал роль руководителя предприятия, которая переходила или к «ученому» (в систему Академии наук), или к «партийному работнику» или «хозяйственнику». Разделение высшего образования, академической науки и промышленности также не способствовало обеспечению достойного качества инженерного образования. Отголоском старого понятия «инженер» явился разве что советский феномен «генерального конструктора» – человека, обладавшего целостным пониманием ситуации и стратегических задач и осуществлявшего одновременно стратегическое, научно-технологическое и кадровое руководство крупным проектом.

Долговременная тенденция к специализации, сосредоточению высоких технологий в крупных корпорациях, превращению ученого и инженера в массовую профессию имела место и в странах Запада. Однако на рубеже XX – XXI вв., в последние десятилетия, вновь произошло изменение важнейших трендов в данной области.

Во-первых, увеличение значения инноваций в экономике и стремительное развитие базовых технологий, постоянное увеличение их наукоемкости, резко ужесточают требования к базовому образованию инженеров, качеству их интеллектуальных, волевых и организационных способностей.

Во-вторых, резкое возрастание роли малых и средних инновационных компаний в современной высокотехнологичной экономике повышает требования к целостности, универсальности и широте подготовки инженера, который вновь оказывается одновременно в роли ученого, технического эксперта и руководителя предприятия, что расширяет зону его ответственности.

В-третьих, если XX столетие было веком создания системы массового, всеобщего образования, когда каждое следующее поколение обладало большим объемом «формальных знаний», полученных через школу и вуз, то теперь ситуация существенно изменилась. Новое поколение не стало более образованным, чем предыдущее (скорее наоборот), а сама система образования повсеместно начала деградировать. В этом плане самый старый и мощный образовательный институт – семья – с ее способностью к целостному образованию и передаче «неформального знания» приобретает исключительно значение. Соответственно, и инженерный тренинг в вузе, в малой фирме, в формах дополнительного образования обретает целостный личностный характер.

Таким образом, «классическая концепция» инженерного образования, развивавшаяся в XVIII–XIX вв. и достигшая пика своего развития в начале XX в., сегодня вновь стала актуальна.

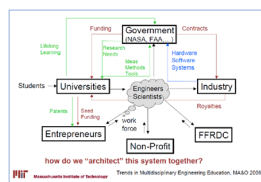
ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Щедровицкий П.Г., президент Института развития им. Г. П. Щедровицкого, член правления фонда «Центр стратегических разработок „Северо-запад“»: Может ли быть инженерное образование у тех, кто не производит своих технических систем в рамках догоняющей индустриализации? Если мы говорим о следующем этапе, нужно понять его конструкцию. Ответить на вопрос – как мы встроимся в цепочки? Где те, кто придумает систему, базовый дизайн? Можем ли мы готовить технические кадры для сферы, где мы не имеем хотя бы миноритарной доли? Процесс глобализации стандартов и подходов идет очень быстро, и оторванность российской индустрии от мирового процесса мешает всем проектам подготовки кадров в этой области.

Основные стейкхолдеры темы

ИСТОЧНИКИ:

14. Research on Five Stakeholders & Five Relationships of Higher Engineering Education in China. Guangshe Jia Economics and Management School of Tongji University, Shanghai, China. I.J.Modern Education and Computer Science, 2009, 1, 60-68.



Традиционно среди основных групп стейкхолдеров высшего инженерного образования выделяют 5 групп: внутренние – студенты, преподаватели, внешние – университеты, работодатели, Правительство.

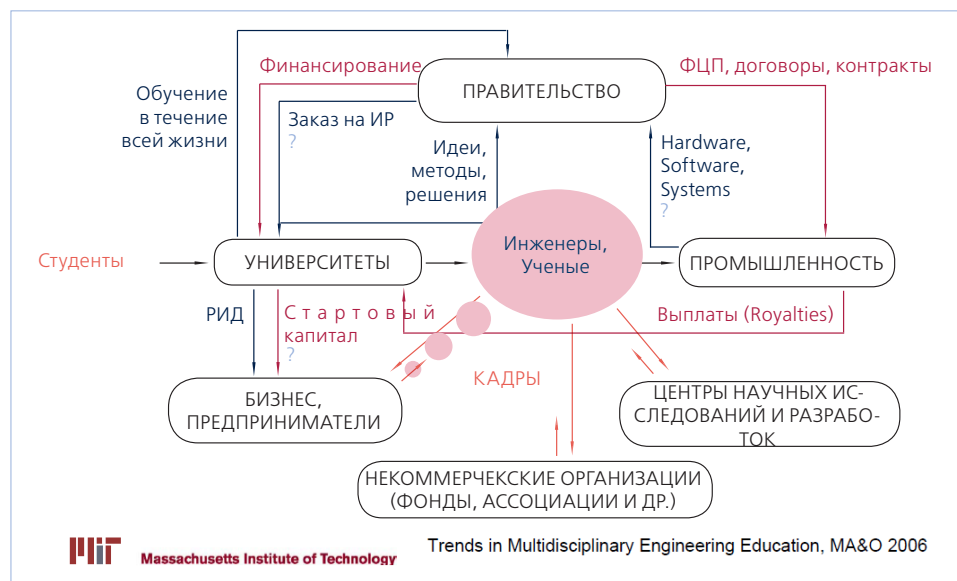


Рисунок 8. Стейкхолдеры инженерного образования.
Источник: Stakeholder Value Mapping, MIT, 2006.

В условиях глобализации, гиперконкуренции и постоянно ускоряющихся изменений круг стейкхолдеров инженерного образования расширяется и диверсифицируется, в частности, в области российского инженерного образования включает в себя следующие основные группы:

- руководство и топ-менеджмент ведущих инженерно-технических университетов России, в том числе:
 - 28 из 40 членов Ассоциации ведущих университетов России, включающей 2 национальных университета, 29 национальных исследовательских университетов (НИУ), 9 федеральных университетов (ФУ);
 - 27 из 57 вузов, реализовавших программы инновационного развития (ИОП) в рамках Приоритетного национального проекта (ПНП) «Образование» в 2006–2008 гг.;
 - 22 из 55 вузов-победителей конкурса поддержки Программ стратегического развития университетов;
 - более половины вузов, реализующих Постановления Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218 (77 вузов), 219 (56 вузов), 220 (26 вузов);
 - 132 члена Ассоциации технических университетов России;
- руководители ведущих инженерно-технических вузов из числа 880 членов Российского союза ректоров (РСР);

- политические силы (The policymakers, political decision makers):
 - Президент РФ (см.: встреча с инженерами завода РУСАЛ Саяногорск и Саяно-Шушенской ГЭС; встреча с руководителями промышленных предприятий; встреча со студентами и преподавателями технических вузов; перечень поручений по итогам заседания Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России (все – 2012 г.) и др.);
 - Правительство РФ;
 - Министерство образования и науки РФ (см.: Концепция развития исследовательской и инновационной деятельности в российских вузах; материалы к выступлению А.А. Фурсенко в СФ РФ 2 февраля 2011 года, в ГД РФ 9 февраля 2011 года; А.А. Фурсенко – Инженерное образование в России и др.);
 - Министерство экономического развития РФ;
 - Министерств промышленности и торговли РФ (см. Стратегии развития отраслей промышленности);
- промышленность (The industry):
 - отечественные компании, представляющие наукоемкий и высокотехнологичный сектор реальной экономики: промышленные и научно-внедренческие, консалтинговые и инжиниринговые фирмы, т.е. потенциальные заказчики работ, услуг и инженерных сервисов в рамках Outsourcing/Outstaffing-проектов и потребители выпускников, владеющих компьютерными технологиями мирового уровня, обладающих высокой квалификацией и ключевыми компетенциями:
 - 47 Госкомпаний (акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций, федеральных государственных унитарных предприятий), разрабатывающих программы инновационного развития (ПИР) в соответствии с перечнем, утвержденным Решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям от 3 августа 2010 г., протокол № 4 (по данным Информационно-коммуникационной площадки Минобрнауки России по состоянию на 31.12.2011 г. участниками программ инновационного развития Госкомпаний является 241 вуз);
 - предприятия, входящие в состав 27 технологических платформ, перечень которых утвержден Решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям от 1 апреля 2011 г., протокол № 2 (по данным Информационно-коммуникационной площадки Минобрнауки России по состоянию на 31.12.2011 г. участниками технологических платформ является 41 вуз);
 - национальные научно-исследовательские организации и научные фонды (National research funding and technology research organizations), в том числе институты Российской Академии наук (РАН), РАСАН, ЦКБ, СКБ, НИИ, ФГУП, Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), Некоммерческая организация Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий (Фонд «Сколково») и др.);
 - лидеры мировой промышленности (The World Industry Top) (см. Fortune Top500 Global List, Global R&D spending by top 20 corporations);

ИСТОЧНИКИ:

15. Booz & Company, The global innovation1000-how the top innovators keep winning (2010). http://www.booz.com/media/file/sb61_10408-R.pdf and http://www.booz.com/media/file/keep_winning_11_2010.pdf. Both accessed 10 August 2011.

16. MOVING FORWARD TO IMPROVE ENGINEERING EDUCATION. National Science Foundation. November 19, 2007.

СПРАВОЧНО:

ТОП-10 предприятий по объему НИОКР на вузы в рамках ПИР по данным Информационно-коммуникационной площадки Министерства образования и науки РФ (www.innoedu.ru):

1. ГК «Росатом»;
2. ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей»;
3. ГК «Ростехнологии»;
4. ОАО «Нефтяная компания «Роснефть»;
5. ОАО «РусГидро»;
6. ОАО «Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть»;
7. ОАО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»;
8. ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы»;
9. ОАО «РАО Энергетические системы Востока»;
10. ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть».

– ведущие мировые Hi-Tech- компании-вендоры – разработчики передового Hardware-оборудования и наукоемкого Software, в первую очередь, CAD/FEA/CFD/CAE-мультidisциплинарных надотраслевых технологий, PLM (Product Lifecycle Management)- технологий и др.;

– Студенты, студенческие объединения, профсоюзные комитеты (The engineering students at universities, represented through student unions);

– Сотрудники вузов, включая ППС, НС, ИТР и др. (The staff at universities and polytechnics – teachers, researchers, non-academic staff);

– Инженерные сообщества и объединения России (The Russian engineers), а также другие сообщества-стейкхолдеры, в том числе:

- Агенство стратегических инициатив (АСИ);
- ОАО «РОСНАНО»;
- ОАО «Российская венчурная компания»;
- Российский союз промышленников и предпринимателей;
- Союз Машиностроителей России;
- Российский союз нефтегазостроителей;
- Российская инженерная академия (РИА);
- Ассоциация инженерного образования России (АИОР);
- Съезд инженеров России;
- Российский союз промышленников и предпринимателей (РСПП);
- Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд Бортника);
- Российский союз научных и инженерных общественных организаций;
- Фонд «Центр стратегических разработок», Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»;
- Национальный фонд подготовки кадров и др.

– Представители других уровней образования (начального, среднего) – руководство, сотрудники, обучающиеся;

– Выпускники инженерных вузов;

– Национальные и мировые масс-медиа (The media, Mediaholders), включая рейтинговые агентства, в том числе в России – газеты “Российская газета”, ПОИСК, Ведомости, Известия, Коммерсант, STRF, Эксперт, РИАИ и НИУ ВШЭ, Интерфакс, журнал «Инженерное образование», Федеральный справочник, РОССТАТ и др.

№ п/п	Наименование вуза	Кол-во проектов, вып. вузом	Кол-во компаний, вкл. вуз в ПИР	Участие в ПП218	Участие в ПП219	Участие в ПП220	Кол-во ТП
1	БелГУ (Национальный исследовательский университет)	134	4	Да	Да	Да	3
2	Высшая школа экономики (Национальный исследовательский университет)	23	9	Да	Да	Да	16
3	Иркутский государственный технический университет	14	16	Да	Да	Да	7
4	Казанский (Приволжский) федеральный университет	31	2	Да	Да	Да	0
5	Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева	29	11	Да	Нет	Нет	0
6	МИСиС (Национальный исследовательский технологический университет)	106	10	Да	Да	Да	2
7	МИФИ (Национальный исследовательский ядерный университет)	196	14	Да	Да	Да	20
8	Московский государственный институт электронной техники (технический университет)	78	6	Да	Да	Да	2
9	Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана	90	26	Да	Да	Да	8
10	Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»	66	3	Да	Да	Да	0
11	Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова	158	12	Да	Да	Да	4
12	Московский физико-технический институт (государственный университет)	100	19	Да	Да	Да	6
13	Московский энергетический институт (технический университет)	71	10	Да	Да	Да	5
14	Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина	56	4	Да	Нет	Нет	0
15	Санкт-Петербургский государственный горный университет	49	4	Да	Нет	Нет	0
16	Санкт-Петербургский государственный политехнический университет	79	20	Да	Да	Да	6
17	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.В.И.Ульянова (Ленина)	104	7	Да	Да	Да	4
18	Сибирский федеральный университет	27	8	Да	Да	Да	7
19	Томский государственный университет	117	9	Да	Да	Да	11
20	Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники	27	7	Да	Да	Нет	0

Таблица 1. ТОП-20 ведущих вузов, в алфавитном порядке

Источник: Информационно-коммуникационная площадка Минобрнауки России, www.innoedu.ru.

Ведущие инженерные университеты России (члены Ассоциации ведущих университетов России: НУ, НИУ, ФУ)

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта (Российский государственный университет им. Иммануила Канта)

Дальневосточный федеральный университет (Дальневосточный государственный университет)

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Казанский государственный технический университет им. А. Н.Туполева

Казанский государственный технологический университет

Московский государственный институт электронной техники

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Сибирский федеральный университет

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Московский государственный строительный университет (МГСУ)

Московский энергетический институт (технический университет)

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Казанский (Приволжский) федеральный университет (Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина)

Пермский государственный технический университет

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина

Томский политехнический университет

Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С. П. Королева

Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет)

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Иркутский государственный технический университет

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

Северный (Арктический) федеральный университет (Архангельский государственный технический университет)

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (Якутский гос. ун-т им. М.К.Аммосова)

Северо-Кавказский федеральный университет (Северо-Кавказский государственный технический университет)

Московский авиационный институт (государственный технический университет)

Учреждение Российской Академии наук Санкт-Петербургский академический университет - НОЦ нанотехнологий РАН

Южный федеральный университет

Таблица 2. Ведущие инженерные университеты России (члены Ассоциации ведущих университетов России: НУ, НИУ, ФУ)

Инженерно-технические университеты-победители конкурса поддержки программ стратегического развития, 2011 г.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Волгоградский государственный технический университет

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

Ижевский государственный технический университет (ИЖГТУ)

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

Марийский государственный технический университет

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Московский государственный технический университет МАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Новосибирский государственный технический университет

Омский государственный технический университет

Ростовский государственный строительный университет

Рязанский государственный радиотехнический университет

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина)

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Тюменский государственный нефтегазовый университет (ТюмГНГУ)

Ярославский государственный технический университет

Таблица 3. Инженерно-технические университеты-победители конкурса поддержки программ стратегического развития, 2011 г.

Инженерные компетенции

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Щедровицкий П.Г., президент Института развития им. Г. П. Щедровицкого, член правления фонда «Центр стратегических разработок „Северо-запад“»: Важный вопрос – стоимость образования. Высшее образование должно ставить млн. долларов. Кадры, принимающие решения, имеющие выходом многомиллионные потери/прибыли, не должны готовиться дешевле. Мы сейчас продумываем вариант, когда антологией системы инжиниринга должен стать жизненный цикл объекта. Сложная и неоднозначная концепция, но в её рамках могут быть сформированы сферы компетенций и градации инженерной подготовки в зависимости от уровня принимаемых решений (по этапам жизненного цикла).

6.1. Аккредитация, сертификация, регистрация профессиональных инженеров

6.1.1. Мировая повестка

Во многих развитых странах существует двухступенчатая система предъявления требований к качеству инженерной подготовки и признанию инженерных квалификаций. Первая ступень – оценка качества образовательных программ бакалавров в области техники и технологий через процедуру их аккредитации. Вторая ступень – признание профессиональных квалификаций инженеров через их сертификацию и регистрацию.

Такие системы реализуются в каждой стране национальными, как правило, неправительственными профессиональными организациями – инженерными советами, имеющими в своем составе органы по аккредитации образовательных программ и сертификации специалистов: ABET (США), ECUK (Великобритания), CCPE (Канада), IEAust (Австралия) и др.

Мировым лидером в области разработки новых критериев, процедур и методов оценки качества образовательных программ является Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), США. Разработанные ABET Criteria 2000 в настоящее время используются аккредитующими организациями многих стран в качестве основы при разработке собственных критериев национальных систем аккредитации.

В большинстве стран Европы пока отсутствуют системы аккредитации инженерных образовательных программ. Регистрацией профессиональных инженеров в Европе занимается European Federation of National Engineering Associations, FEANI, присваивающая статус European Engineer, Eurlng. Обладатели звания Eurlng вносятся в FEANI Register, который в 2003 году насчитывал более 27 тыс. профессиональных инженеров.

В России национальная система общественно профессиональной аккредитации образовательных программ в области техники и технологий в настоящее время развивается в рамках деятельности Ассоциации инженерного образования России (АИОР).

Глобализация мировой экономики, значительно повысившая мобильность рабочей силы во всех сферах деятельности, в том числе инженерной, вызвала необходимость разработки единых требований к образованию и профессиональным компетенциям инженеров и появление международных объединений организаций, занимающихся аккредитацией в сфере инженерной деятельности (APEC, FEANI, EMF и др.).

Международное признание качества образовательных программ и квалификаций инженеров (Professional Engineer) обеспечивается в два этапа: пу-

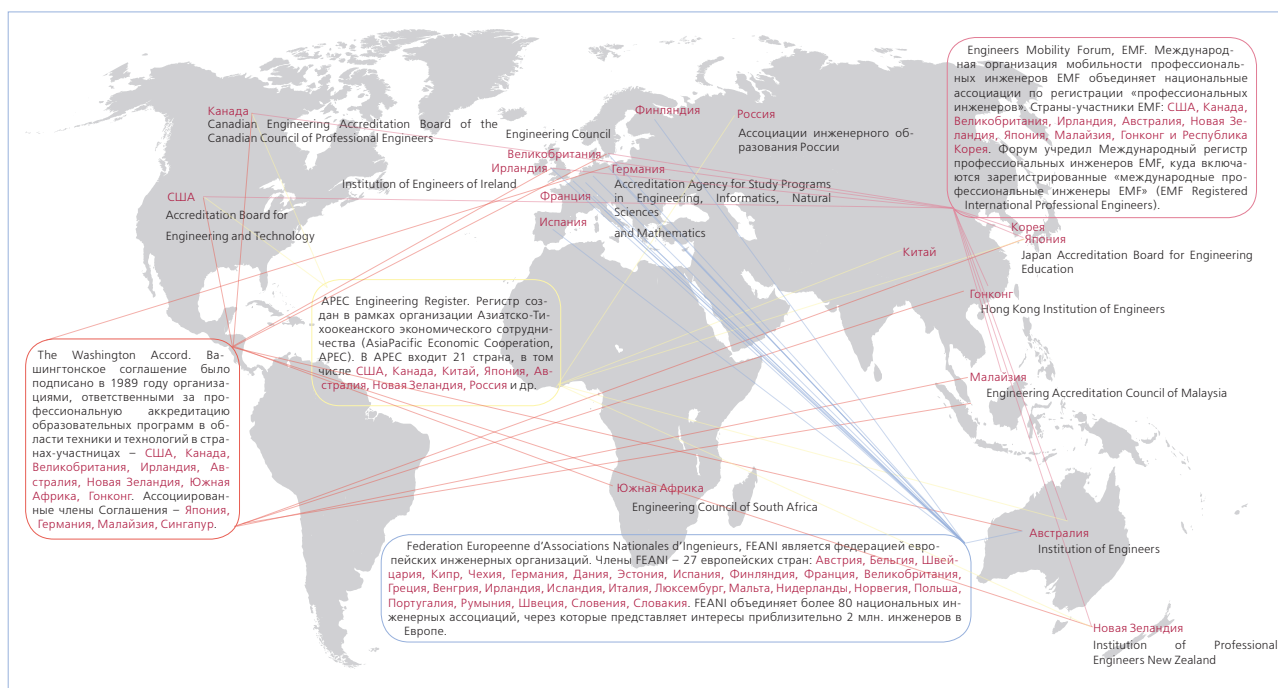


Рисунок 9. Аккредитация, сертификация и регистрация инженерных кадров в мире.

тем заключения договоров, направленных на взаимное признание национальных критериев и процедур аккредитации образовательных программ, таких как Вашингтонское соглашение (Washington Accord, WA, 1989 год), и договоров о взаимном признании национальных систем регистрации профессиональных инженеров (Engineers Mobility Forum, 1997 год, APEC Engineering Register, 2000 год).

Звание «профессиональный инженер» (Professional Engineer) означает, что его обладатель способен вести самостоятельную профессиональную деятельность и имеет лицензию одного или более правительственных органов на оказание профессиональных инженерных услуг в качестве независимого практика. Для регистрации в качестве профессионального инженера нужно:

- окончить университет по аккредитованной инженерной программе;
- иметь лицензию на осуществление профессиональной деятельности;
- иметь опыт практической инженерной деятельности (от 3 до 7 лет в зависимости от страны);
- сдать профессиональные экзамены (как правило);
- поддерживать свою квалификацию путем непрерывного профессионального совершенствования;
- следовать кодексу профессиональной этики.

Для получения звания международного профессионального инженера (IntPE) и включения в регистр Форума мобильности инженеров кандидат должен быть зарегистрированным профессиональным инженером в своей стране, а также иметь опыт практической деятельности не менее 7 лет, включая 2 года работы на ответственной руководящей должности при выполнении инженерного проекта.

ABET, США	CEAB, Канада	JABEE, Япония	FEANI, Евросоюз
Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET, США. Совет по аккредитации в области техники и технологий	Canadian Engineering Accreditation Board, CEAB, Канада. Канадский совет по аккредитации в области техники и технологий	Japan Accreditation Board for Engineering Education, JABEE, Япония. Японский совет по аккредитации инженерного образования	Federation Europeenne d'Associations Nationales d'Ingenieurs, FEANI, Евросоюз. Европейская федерация национальных инженерных организаций
В результате обучения выпускники должны приобретать способность / уметь:			
применять естественнонаучные, математические и инженерные знания	применять соответствующие знания с целью преобразования, использования и оптимального управления ресурсами посредством эффективного анализа, интерпретации данных и принятия решений	рассматривать различные аспекты инженерных проблем с глобальной точки зрения	понимать сущность профессии инженера и обязанность служить обществу, профессии и сохранять окружающую среду посредством следования кодексу профессионального поведения FEANI
планировать и проводить эксперимент, анализировать и интерпретировать данные	быть хорошо адаптирующимися, творческими, изобретательными и чуткими к изменениям в обществе, технологиях и требованиях к инженерной профессии;	понимать результаты воздействия и влияние технологий на общество и окружающую среду, а также ответственности и обязательств инженера перед обществом в соответствии с законами профессиональной этики	иметь высокий уровень понимания принципов инженерии, основанных на математике и других научных дисциплинах, имеющих отношение к специализации
проектировать системы, их компоненты или процессы в соответствии с поставленными задачами	понимать роль и обязанности профессионального инженера в обществе, осознавать воздействие инженерной деятельности во всех ее видах на окружающую среду и общество	обладать знаниями математики и информационных технологий, а также способностью применять эти знания	обладать общими знаниями об инженерной деятельности в области специализации и характера современного производства, включая использование материалов, компонентов и программного обеспечения
работать в коллективе по междисциплинарной тематике	уметь эффективно работать в команде и общаться, как в рамках своей профессии, так и в обществе в целом	обладать знаниями в области специализации и способностью применять эти знания для решения профессиональных задач	применять соответствующие теоретические и практические методы к анализу и решению инженерных проблем, применять соответствующие теоретические и практические методы к анализу и решению инженерных проблем
формулировать и решать инженерные проблемы		проектировать и принимать инженерные решения для удовлетворения потребностей общества, используя различные отрасли науки, а также различные виды технологий и информации	использовать существующие и перспективные технологии, относящиеся к области специализации
осознавать профессиональные и этические обязанности		обладать коммуникативными навыками, включая устную и письменную речь, навыками ведения дискуссий на родном языке и базовые навыки эффективного общения на иностранном языке	обладать знанием инженерной экономики, методов обеспечения качества, умением использовать техническую информацию и статистику
эффективно общаться		учиться самостоятельно и постоянно	быть лидером, включая административные, технические, финансовые и личностные аспекты

Таблица 4. Требования к инженерным компетенциям в США, Канаде, Японии и Евросоюзе. Продолжение на с. 31.

АВЕТ, США	СЕАВ, Канада	ЈАВЕЕ, Япония	FEANI, Евросоюз
демонстрировать широкую эрудицию, необходимую для понимания глобальных и социальных последствий инженерных решений		выполнять и организовывать работу в соответствии с заданными ограничениями	обладать коммуникативными навыками и поддерживать необходимый уровень компетенции с помощью непрерывного профессионального развития
понимать необходимость и уметь учиться постоянно			обладать знанием стандартов и правил, соответствующих области специализации
демонстрировать знание современных проблем			следовать постоянно развивающимся техническим изменениям, организовывать творческий поиск в рамках профессии
применять навыки и современные инженерные методы, необходимые для инженерной деятельности			свободно владеть европейскими языками, достаточно для общения при работе в Европе

Таблица 4. Требования к инженерным компетенциям в США, Канаде, Японии и Евросоюзе. Начало на с. 30.

6.1.2. Сертификация и регистрация профессиональных инженеров в России

Создание в России международно-признанной системы сертификации профессиональных инженеров осуществляется Ассоциацией инженерного образования России (АИОР) совместно с Российским союзом научных и инженерных общественных организаций (РосСНИО), Ассоциацией технических университетов, Торгово-промышленной палатой и Академией инженерных наук при поддержке РАН, Рособнадзора и ГД РФ. Предложенная система сертификации и регистрации профессиональных инженеров Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) авторизована на заседании Международного Координационного комитета стран АТЭС, что позволило включить Россию в состав APEC Engineer Register. Стандартом Инженера АТЭС предусмотрены следующие универсальные и профессиональные компетенции:

- осмысленное применение универсальных знаний;
- осмысленное применение локальных знаний;
- анализ инженерных проблем;
- проектирование инженерных решений;
- оценка инженерной деятельности;
- социальная ответственность;
- соблюдение законодательства и правовых норм;
- этика инженерной деятельности;
- организация и управление инженерной деятельностью;
- коммуникация;
- обучение в течение всей жизни;
- принятие инженерных решений;
- ответственность за инженерные решения.

ИСТОЧНИКИ:

17. Центр сертификации и регистрации профессиональных инженеров Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) создан на базе одного из ведущих инженерных университетов России НИУ ТПУ при участии РосСНИО и АИОР в 2010 г.

ИСТОЧНИКИ:

18. Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education. James J. Duderstadt, President Emeritus and University Professor of Science and Engineering. The University of Michigan. 2008.

19. Проектирование государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования нового поколения. Методические рекомендации для руководителей УМО вузов Российской Федерации. Проект. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.

20. Current Trends in Engineering Education. Frank P. Incropera. College of Engineering University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana, USA. University of Bonn Federal Republic of Germany. March 11, 2002.

6.2. Глобальные тенденции развития инженерной деятельности в XXI веке

Глобализация, гиперконкуренция, демографическая ситуация, стремительное развитие и усложнение наукоемких технологий оказывают серьезное влияние на изменение роли инженера в обществе.

Технологические потребности глобальной экономики знаний (global knowledge economy) резко меняют характер инженерного образования, требуя, чтобы инженер владел гораздо более широким спектром ключевых компетенций, чем узкоспециализированное освоение научно-технических и инженерных дисциплин. Растущее осознание важности технологических инноваций для конкурентоспособности экономики и национальной безопасности требуют новых приоритетов для инженерной деятельности. Тесное взаимодействие и взаимопроникновение фундаментальных и прикладных исследований (даже в рамках отдельных комплексных проектов), высоко меж- и мультидисциплинарный характер новых технологий (the highly interdisciplinary nature of new technologies), а также влияние киберинфраструктуры (the hardware, software, systems, people, policies), позволяющих решать комплексные задачи в новых областях, требуют новых парадигм инженерной деятельности. Кроме того, такие вызовы, как снижение интереса студентов к научно-технической карьере, ограничения по иммиграции и слабая диверсификация инженерной деятельности внутри страны также ставят вопросы об адекватности традиционных подходов к инженерной деятельности.

Новые технологии (например, нано-био-инфо-когно, НБИК), комплексные системные мегапроблемы (complex mega systems problems), возникающие в современном обществе, а также реализация новых парадигм, например, SuperComputer (SmartMat*Mech)*(Multi**3) Simulation and Optimization Based Product Development и Digital Manufacturing, требуют создания мультидисциплинарных команд специалистов с широким интеллектуальным диапазоном, обладающих ключевыми компетенциями мирового уровня по широкому спектру направлений, а не «замкнутых» в рамках традиционных инженерных дисциплин.

Наукоемкие технологические инновации играют все более важную роль в обеспечении устойчивого экономического развития страны, безопасности и социального благополучия, а потому инженерная практика должна перейти от традиционного решения проблем и навыков проектирования на более инновационные решения в рамках комплексного научно-образовательного, инновационно-технологического, социально-экономического, этического, правового, мультикультурного и экологического пространства.

В качестве основных условий перехода к инновационному инженерному образованию необходимо отметить обновление методологии и содержания инженерного образования на основе тенденций и подходов современного наукоемкого инжиниринга в рамках построения Единого национального комплекса «Инженерное образование - Наука - Промышленность» * Инновации» формирующейся инновационной экономики знаний. Использование принципа «бенчмаркинга» посредством выявления лучших



Рисунок 10. Дорожная карта инженерного образования 21-го века.
 Источник: A Roadmap to 21st Century Engineering, The Millennium Project, The University of Michigan.

российских и зарубежных аналогов образовательных программ, “лучших практик”, в частности, инженерная подготовка через выполнение на старших курсах реальных НИР, НИОКР и НИОКТР по заказам отечественных и зарубежных промышленных предприятий, интеграция передовых промышленных концепций и технологий, идей и подходов мировых лидеров в содержание курсов, развитие академической мобильности и программ двойных дипломов – все это должно способствовать становлению инновационного инженерного образования.

6.3. Компетенции в инженерном образовании в XXI веке

В постиндустриальную эпоху обществом уже накоплена масса фундаментальных и прикладных знаний, создан огромный информационный ресурс и главной целью становится создание конкурентоспособной и востребованной продукции и новых рынков за счет умелого управления знаниями. Инновации в технике и технологиях в настоящее время формируются, как правило, на мультидисциплинарной основе в результате применения знаний из разных научных областей, причем с каждым поколением инновации становятся все более наукоемкими.

Комбинация фундаментальных и прикладных знаний, современных технологий, а, главное, их использование эффективным образом в практических целях становится главной задачей инженера в его инновационной деятельности. В этой связи, развивается новый подход к инженерному образованию. В XXI веке теории и практики инновационного инженерного образования говорят о необходимости формирования у специалиста в области техники и технологий не только определенных знаний, умений и навыков,

ИСТОЧНИКИ:

21. Инновационное инженерное образование. Б.Л. Агранович, Ю.П. Похолков, А.И. Чучалин, М.А. Соловьев.
22. Ю.П. Похолков, А.И. Чучалин, О.В. Боев. Гарантии качества подготовки инженеров: аккредитация образовательных программ и сертификация специалистов. // Вопросы образования. 2004. № 4. С. 125-141.
23. Государственная и региональная политика в области инженерного образования // Аналитический вестник Государственной думы РФ. Выпуск № 9. Москва. 2011.

СПРАВОЧНО:

Общемировые тенденции развития высшего образования (ВО):

– широкая диверсификация типов и видов ВО, его многовариантность, многообразие и многомодельность;

– возрастание автономии и академических свобод вузов наряду с усилением их подотчетности;

– постоянная адаптация программ ВО к современным достижениям науки, технологий, требованиям промышленности;

– переход ВО к парадигме «образование в течение всей жизни»;

– формирование у студентов готовности знать, понимать, уметь, анализировать, интерпретировать, генерировать, аккумулировать, распространять и развивать знания и технологии;

– опережающая подготовка конкурентоспособных и востребованных кадров, обладающих компетенциями мирового уровня, возрастание роли меж- / мульти- / трансдисциплинарных образовательных программ;

– внедрение модульных и дистанционных образовательных программ;

– достижение сбалансированности между когнитивным освоением учебных дисциплин и овладением навыками в сфере коммуникаций, творческого и критического анализа;

– реализация установки на воспитание студентов в духе гражданственности и подготовки их к активному участию в жизни общества, а также к знанию национальных, региональных, международных и исторических особенностей.

но и особых “компетенций”, сфокусированных на способности применения их на практике, в реальном деле, при создании новой конкурентоспособной продукции в кратчайшие сроки. Поэтому компетенции и представляют собой “знания в действии”. Соответствующим образом изменяются образовательные программы и учебные планы. Уже в первый год обучения студентам показывают связь предлагаемого учебного материала с их будущей инженерной деятельностью, перспективами научно-технического, технологического, экономического и социального развития общества. Такой педагогический прием позволяет выработать у студентов столь необходимую мотивацию к обучению, большую восприимчивость к теории при освоении ее через практику.

В настоящее время многие ведущие зарубежные университеты (например, Aalborg University, Дания; Twente University, Голландия; Queens University, Канада; Norwegian University of Science and Technology, Норвегия и др.), ведущие российские политехнические университеты (МГТУ им. Н.Э. Баумана, СПбГПУ, ТПУ) и другие НИУ по многим направлениям подготовки постоянно обновляют содержание лекций, практических занятий и вычислительных практикумов, применяют проблемно-ориентированные методы и проектно-организованные технологии обучения в инженерном образовании. В результате достигается новое качество инженерного образования, обеспечивающего комплекс компетенций, включающий фундаментальные и прикладные знания, современные наукоемкие технологии, умения и навыки формулировать (“ставить задачу”) и исследовать проблемы, а затем – анализировать и интерпретировать полученные результаты с использованием меж- и мультидисциплинарного подхода, демонстрируя владение методами проектного менеджмента, готовность к коммуникациям и командной работе²³.

Новые парадигмы инженерного образования требуют, в том числе:

– отвечать на “глобальные вызовы” и соответствовать постоянно ускоряющимся темпам интеллектуальных изменений: от простого к сложному, от анализа к синтезу, применяя методы декомпозиции и агрегирования, от узкоспециализированных знаний по отдельным дисциплинам к повышению уровня наукоемкости и мультидисциплинарности (“концепция MultiDisciplinary”), от отдельных наукоемких технологий мирового уровня к технологическим цепочкам нового поколения (“концепция MultiTechnology”);

– применять и развивать современные достижения науки, разрабатывать, комплексировать (агрегировать) и применять передовые наукоемкие технологии и технологические цепочки на разных уровнях описания проблемы (“концепция MultiScale”, вспомним: “нано-микро-мезо-макро”-модели), совершать переходы с уровня на уровень, например, с микро-уровня описания микронеоднородного материала через мезо-уровень (“представительный элемент объема”) на макро-уровень конструкции – “Homogenization” или в обратном направлении, с макро-уровня конструкции на микро-уровень с целью выяснения локальных полей – “Heterogenization”;

– комплексировать (агрегировать) и применять передовые наукоемкие технологии и технологические цепочки на разных этапах технологических

Инженерное образование: конец 1980-х	Инженерное образование: начало 2000-х	Инженерное образование: середина 2010-х
Знания – из прошлого («школа памяти»)	+ Знания – для будущего («школа мышления»)	+ Компетенции – «знания в действии»
Производство и связь с дизайном, в том числе параллельный инжиниринг	+ Производство и проектирование на микро-и нано- уровнях, например, MEMS и NEMS	+ PLM (Product Lifecycle Management, управление жизненным циклом продукции)
Возрастающая роль компьютеров и ПО (моделирование, визуализация, дизайн)	+ Растущая важность биологических наук	+ Новые технологии (например, нано-био-инфо-когно, НБИК)
Растущая значимость информационных технологий для всех дисциплин, зарождение междисциплинарного образования	+ Усилении тенденции к преодолению традиционных академических (дисциплинарных) границ: меж- / мультидисциплинарное образование (повышение гибкости учебных программ; дистанционное обучение; виртуальный университет и др.)	+ Тенденция к объединению и интеграции дисциплин: меж- / мульти- / трансдисциплинарные учебно-научно-инновационные программы
Обучаемый – объект педагогического воздействия. Монологические субъектно-объектные отношения преподавателя и студента	+ Обучающийся – субъект познавательной деятельности. Диалогические субъектно-субъектные отношения преподавателя и студента	+ Преподаватель, студент, научный сотрудник, аспирант – члены мультидисциплинарной команды
Комплексные связи университета с промышленностью	+ Связи с промышленностью – альтернативная модель (инновации и предпринимательство; инженерная практика; бизнес-интерфейс)	+ Решение реальных промышленных задач в процессе учебно-научно-инновационной деятельности

Таблица 5. Инженерное образование: конец 1980-х / начало 2000-х / середина 2010-х

Источники: Current Trends in Engineering Education. Frank P. Incropera. College of Engineering University of Notre Dame. Notre Dame, Indiana, USA. University of Bonn Federal Republic of Germany. March 11, 2002; А.И. Боровков. Материалы выступлений и докладов. 2007–2012.

переделов ("концепция MultiStage", например, полный цикл изготовления труб большого диаметра состоит из следующих основных этапов: литье металла – многопроходная прокатка – подгибка кромок – многопроходная формовка – сварка – экспандирование);

– применять комплексный подход к удовлетворению социальных потребностей и приоритетов, интегрируя социальные, экономические, экологические, правовые и политические условия с технологиями, разработками и инновациями.

6.4. Кейсы инженерных компетенций XXI века

6.4.1. Trends in Multidisciplinary Engineering Education: 2006 and Beyond²⁴.

Инженер 21-го века:

- должен быть конкурентоспособным и востребованным,
- должен знать современные достижения науки и технологий, быть технически и технологически компетентным – владеть компетенциями мирового уровня,
- должен обладать как специализированными, так и меж- и мульти- дисциплинарными знаниями, умениями, навыками и компетенциями, обладать системным и глобальным мышлением,
- должен быть заинтересованным, мотивированным и увлеченным, быть

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Волков А.Е., ректор Московской школы управления СКОЛКОВО: О «педагогической инженерии». Какие ключевые моменты должны конструировать то или иное инженерное образование (деньги, структура управления, время, институты)? Без концепции педагогического конструирования нового вуза, указать на контуры нового образования будет сложно, и сложно выполнить аналитическую работу. Нужно задать новую модель, в рамках которой анализировать кейсы, в основном, зарубежные.

ИСТОЧНИКИ:

24. Trends in Multidisciplinary Engineering Education: 2006 and Beyond. Olivier de Weck and Karen Willcox. 11th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference. MIT. September 7, 2006.

25. Международный семинар по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования «Всемирная инициатива CDIO»: Материалы для участников семинара (Пер. С.В. Шикалова) / Под ред. Н.М. Золотаревой и А.Ю. Умарова. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 60 с.

26. www.cdio.org.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Волков А.Е., ректор Московской школы управления СКОЛКОВО: Почему именно так сложились Физтех, Стэнфорд, MIT, Bauhaus? Складывание кейсов в образовании – очень показательная ситуация. Не то, чего они достигли, а как они генетически сформировались, как развивались научные школы? Есть версия, что это не исторический тренд, а уникальный набор элементов, который позволяет запустить, или не запустить ту или иную образовательную инженерную конструкцию в конкретной ситуации.

готовым к обучению и самосовершенствованию на протяжении всей жизни, – должен уметь работать в мульти-среде (технологической, культурной, языковой и т.д.),

– должен быть инновационно- и предпринимательски- активным, обладать лидерскими качествами, быть быстрым, гибким и мобильным.

6.4.2. MIT-парадигма (Massachusetts Institute of Technology)

Инженер должен, в том числе, ориентироваться в мировых рынках продукта; уметь разрабатывать концептуальный проект (“создавать концепт”), использовать математические модели для его улучшения и доработки, создавать на основе концепта прототип и его версии; качественно и количественно тестировать прототип для улучшения и прогнозирования поведения концепта; находится в коммуникации с различными аудиториями, вовлеченными в процесс создания и потребления продукта. Большая часть этих компетенций требуют предметно-ориентированных знаний и опыта; некоторые требуют системного мышления и междисциплинарных навыков; все они требуют работы в команде, лидерства и социальной ответственности.

6.4.3. MIT-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. Задумка (Идея) – Проект – Реализация – Управление (Эксплуатация)), разработанная в Массачусетском технологическом институте (MIT) в середине 1990-х гг. с участием ученых, преподавателей и представителей промышленности.

В совместном проекте «Всемирная инициатива CDIO» ведущие инженерные школы и технические университеты США, Канады, Европы, Соединенного Королевства, Африки, Азии и Новой Зеландии (более 40 университетов в 20 странах мира) принимают участие с 2002 года. 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 «Задумывать-Проектировать-Реализовывать», а также «Управлять» сложными продуктами и системами в современных условиях и в рамках командной работы с целью получения добавочной стоимости. За время обучения они должны научиться управлять инженерными процессами, проектировать и создавать продукты и системы и применять полученные знания, работая в промышленных организациях.

6.4.4. Boeing–парадигма (Boeing list of "Desired Attributes of an Engineer")

Текущая версия набора компетенций, необходимых инженеру Boeing, представлена на официальном сайте компании. Основные позиции перечня включены в АВЕТ ЕС 2000, который включает:

- понимание фундаментальных инженерных наук;
- понимание дизайна и производственных процессов;
- мультидисциплинарное системное мышление;
- представление о контексте инженерной деятельности (экономика и бизнес-практика, история, потребности общества и заказчика и др.);
- хорошие коммуникативные навыки;
- высокие этические стандарты;
- способность мыслить критически и творчески, самостоятельно и совместно;
- способность адаптироваться к быстрым или существенным изменениям;
- тяга к знаниям и желание учиться на протяжении жизни;
- глубокое понимание важности командной работы.

6.4.5. Требования НАСА к системным инженерам

1. Интеллектуальная любознательность-способность и желание учиться новому;
2. Способность к выделению общесистемных связей и закономерностей;
3. Выраженная готовность к лидерству и к работе в команде;
4. Приспособленность к работе в условиях неопределенности и недостаточности информации;
5. Специфическая убежденность в том, что следует надеяться на лучшее, но планировать худшее;
6. Уверенность в себе и решительность, но не высокомерие;
7. Способность строго выполнять предписания по реализации процесса при понимании того, когда надо остановиться и внести изменения;
8. Наличие разнообразных технических навыков – способность применять обоснованные технические решения;
9. Готовность к изменениям;
10. Высокая коммуникабельность – способность слушать, писать и говорить;
11. Способность видеть целое даже при наличии множества мелких деталей.

Зарубежные специалисты среди важнейших профессиональных компетенций системного инженера выделяют:

- Способность управлять требованиями на всех уровнях системной иерархии;
- Владение методами и инструментами анализа систем, включая анализ надежности, анализ рисков, анализ технико-экономических характеристик;
- Владение методами и инструментами разработки систем, включая архитектурный подход; анализа процессов, включая анализ качества и анализ зрелости; проектирования процессов;
- Способность реализовывать интегрированные системные решения, учитывающие гетерогенность и возможную распределенность элементов, составляющих систему;
- Способность организовывать и проводить испытания систем и анализировать результаты испытаний;
- Способность управлять изменениями и др.

ИСТОЧНИКИ:

27. «Системная инженерия». Батоврин В.К., заведующий кафедрой «Информационные системы» МИРЭА. Инновационный форум в ЗАТО г. Железнодорожск «Кадры для инновационного кластера», г. Железнодорожск, КГОАУ «Школа космонавтики», 10 ноября 2012 года.

ИСТОЧНИКИ:

28. Требования к квалификации инженеров ФГУП «Горно-химический комбинат», ГК Росатом, Советник генерального директора ФГУП «ГХК» Р.П. Жданов, доктор педагогических наук, профессор. Инновационный форум в ЗАТО г. Железногорск «Кадры для инновационного кластера», г. Железногорск, КГОАУ «Школа космонавтики», 10 ноября 2012 года.

29. «О кадровой политике предприятия: от профессиональной ориентации до профессионализации». Заместитель генерального директора по управлению персоналом ОАО «ИСС» С.Г. Кукушкин. Панельная дискуссия «Проблема обеспечения кадрами развивающейся экономики Красноярского края». Инновационный форум в ЗАТО г. Железногорск «Кадры для инновационного кластера», г. Железногорск, КГОАУ «Школа космонавтики», 10 ноября 2012 года.

6.4.6. Подготовка инженерных кадров: Холдинг «Сухой»

Организационные инновации	Технологические инновации
Международное сотрудничество	Цифровое проектирование
Система управления программами	Бесстапельная сборка
Система финансирования продаж	Композиционные материалы
Развитие производственной системы	Электрический самолет
Новая технологическая кооперация	Нанотехнологии
	Суперкомпьютерное моделирование

Таблица 6. Подготовка инженерных кадров: опыт Холдинга «Сухой».

Источник: ОАО «Компания «Сухой».

Ключевые компетенции:

- комплексные компетенции «конструктор-технолог-расчетчик», «конструктор-технолог-экономист»;
- проектирование под заданную стоимость;
- разработка и конструирование авиационной техники из композиционных материалов;
- создание новых материалов и конструкций с использованием нанотехнологий;
- аэродинамика;
- технологии бесстапельной сборки, высокоскоростная механическая обработка;
- механика конструкций и прочность самолетов;
- интеграция комплексов бортового радиоэлектронного оборудования;
- послепродажное обслуживание авиационной техники;
- CALS-технологии.

6.4.7. Требования к квалификации инженеров ФГУП «Горно-химический комбинат»

Основное требование – эффективность:

Компетенции + Компетентность = Эффективность.

Компетенции – деловые качества, проявляемые в поведении работника, и позволяющие ему максимально эффективно выполнять задачи, которые ставит перед ним предприятие.

Компетентность – профессионально-технические знания, навыки и опыт.

Чтобы быть эффективным и успешным в работе, человек должен обладать и компетенциями и компетентностью.

Оценка «РЕКОРД» как часть процесса управления эффективностью деятельности:

РЕКОРД – РЕзультативность, КОмпетенции, Развитие, Достижения.

Этапы процедуры РЕКОРД:

- Принятие кадровых решений;
- Планирование и постановка целей (индивидуальных целей, КПЭ);
- Планирование развития;
- Оценка эффективности деятельности, потенциала развития;
- Мониторинг эффективности, обратная связь.

6.4.8. О кадровой политике предприятия: от профессиональной ориентации до профессионализации ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»

Целевая подготовка:

- Корректировка учебных планов и ФГОС, в том числе увеличение объема языковой подготовки, изучение САПР, введение дисциплин специального технического цикла по созданию современной космической техники;
- Практика и дипломирование на предприятии;
- Базовые кафедры на предприятии;
- Оснащение учебной базы образовательных учреждений, создание совместных НОЦ;
- Поддержка инновационных проектов, группового проектного обучения;
- Участие студентов и магистрантов в НИОКР;
- Стажировка преподавателей на предприятии;
- Выплата дополнительных стипендий;
- Гарантированное трудоустройство по полученной специальности.

6.4.9. Инженерные компетенции по ФГОС ВПО по направлению подготовки 151600 "Прикладная механика"³⁰

В соответствии с российским законодательством (Федеральные законы № 232-ФЗ и 309-ФЗ) с 01.09.2009 г. вузами России осуществлен переход на уровневую систему образования на основе новых Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) высшего профессионального образования (ВПО) по направлениям подготовки. В качестве примера компетенций инженера XXI века в России в Приложении представлены ФГОС ВПО по направлению подготовки 151600 "Прикладная механика", утвержденные Приказом Министерства образования и науки РФ от 9 ноября 2009 г. № 540, 541. Направление относится к укрупненной группе направлений и специальностей "Металлургия, машиностроение и материалобработка". Квалификации (степени) выпускников – "бакалавр" и "магистр" техники и технологий.

Направлению присущи современные черты инновационного инженерного образования – фундаментальная физико-математическая подготовка, мультидисциплинарность (см. области профессиональной деятельности) и надотраслевой характер (см. объекты профессиональной деятельности), широкое применение передовых наукоемких технологий компьютерного инжиниринга мирового уровня, позволяющих создавать в кратчайшие сроки конкурентоспособную и востребованную на глобальном рынке продукцию нового поколения.

ИСТОЧНИКИ:

30. ФГОС ВПО по направлению подготовки 151600 Прикладная механика (квалификация (степень) «бакалавр»), утвержденный Приказом Министерства образования и науки РФ от 9 ноября 2009 г. № 541, подготовлен совместно ведущими инженерными университетами России – НИУ МГТУ им. Н.Э. Баумана и НИУ СПбГПУ.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Дорофеев К.В., зам. зав. кафедрой №82 «Стратегического планирования и методологии управления» факультета Управления и экономики высоких технологий НИЯУ «МИФИ»: О тренде по дистанционному образованию (статья Форбс в июне, вложения в размере сотен миллионов долларов от компаний по разработке курсов). Возможно, этот тренд не до конца оформлен, но представляется, что в недалёком будущем производство учебных программ будет сродни производству кинопродукции, фабрикам по производству качественного продукта на рынке образования. Это полностью изменит ландшафт рынка образовательных услуг и поменяет роль вузов. Университет будет играть роль коммуникационной исследовательской, проектной площадки, держателя и разработчика маршрутов, а традиционный контент и то, что связано с инновационной работой, уйдёт в крупные промышленные центры.

Передовые стратегии внедрения

ИСТОЧНИКИ:

31. Проблемы и перспективы развития инженерного образования в инновационной экономике. А.В. Бабикова, А.Ю. Федотова, И.К. Шевченко, ТТИ ЮФУ, г. Таганрог (Наумкин Н. И. Инновационные методы обучения в техническом вузе / Н. И. Наумкин; под ред. П.В. Сенина, Л.В. Масленниковой, Э.В. Майкова – Саранск : Изд-во Мордов. Ун-та, 2007.

27. ИТАР-ТАСС. 03.04.2012. Современные инженеры, создающие инфраструктуру, в первую очередь влияют на жизнь страны - член экспертного совета АСИ Петр Щедровицкий. <http://www.asi.ru/smi/1497/>

32. Компетентностный подход в инженерном образовании: монография. Алисултанова Э.Д. 2010. <http://www.rae.ru/monographs/114>

СПРАВОЧНО:

Инженерное образование: экспертная оценка, диагноз, перспективы (обзор). Высшее образование в России, № 12, 2011: По данным исследования И. Фрумина и М. Добряковой, 70% выпускников российских инженерных вузов в ходе своего обучения ни разу не встретились с реальными проектами и групповой работой, 60% не пользовались глобальными электронными образовательными ресурсами в учебном процессе.

7.1. Комплексный подход к формированию инженерных компетенций

Для достижения нового уровня и качества инженерного образования необходимо использовать следующие подходы к инновационному образованию:

- Компетентностный подход;
- Метод проектного обучения (включает практико-ориентированный, проблемно-ориентированный подходы, метод проблемного обучения);
- Меж- / мульти- дисциплинарный подход вместо узкоспециализированного подхода (Multidisciplinary, Cross-Disciplinary Learning (CDL) vs Discipline-Centric Learning);
- Обучение в команде;
- Метод, основанный на самостоятельном поиске информации;
- Дистанционное обучение, онлайн-обучение;
- Контекстное обучение (в широком смысле с освоением технологического, социально-экономического, правового, экологического, культурологического контекста инженерной деятельности).

7.2. Инженерное образование через реальные проекты

Сегодня в мире осуществляется переход к проектному образованию. Обучение в процессе работы над определенными проектами (выполнение конкретных НИР, НИОКР, НИОКТР по заказам промышленных предприятий) становится основным способом подготовки кадров. Как правило, студент за шесть лет обучения (4 года – бакалавриат, 2 года – магистратура) должен участвовать от 4 до 10 реальных проектов и получить реальные результаты. Это происходит в университете, но с обязательным привлечением конкретных задач из промышленности. Если это металлургия, то в области создания новых материалов и отработки новых технологий, например, технологий интенсивной пластической деформации. Это могут быть НИР, выполняемые совместно со студентами старших курсов, аспирантами, преподавателями и представителями академических институтов или промышленных предприятий. Тогда не будет такого разрыва, который мы наблюдаем сегодня: выпускник приходит на работу в промышленность, а ему предлагают забыть все то, чему его учили в университете.

Проблемно-ориентированный подход к обучению по инженерным специальностям наряду с инновационно-ориентированным подходом позволяет сфокусировать внимание студентов на анализе, исследовании и решении какой-либо конкретной проблемы, что становится отправной точкой в процессе обучения. Проблема для исследования максимально мотивирует студентов осознанно получать знания, необходимые для ее решения, а меж- и мульти- дисциплинарный подход к обучению позволяет научить студентов самостоятельно «добывать» знания из разных научных областей, группировать их и концентрировать в контексте конкретной решаемой задачи, изучать и овладевать наукоемкими технологиями мирового уровня.

7.3. Виртуальные проектные меж- / мультидисциплинарные команды

В настоящее время чрезвычайно актуальным для инновационного инженерного образования является развитие системы регулярного участия студентов и сотрудников университета в выполнении реальных проектов ("обучение через решение задач", выполнение реальных НИР, НИОКР и НИОКТР в рамках деятельности виртуальных проектно-ориентированных команд – Multidisciplinary Team-Based Project Work) по заказам предприятий отечественной и мировой промышленности. Для успешного развития этой деятельности необходимо опережающее приобретение и внедрение современных ключевых компетенций и технологий (в первую очередь, технологий компьютерного проектирования и наукоемких технологий компьютерного инжиниринга), а также приобретение положительного опыта работы с ведущими мировыми промышленными фирмами (Nurturing and Supporting Engineering-led, MultiDisciplinary Teams to Successfully Compete For and Execute Large-Scale, Complex Research Projects).

Основное умение инженера в рамках конкурентоспособной команды сотрудников состоит в постановке и решении все более и более совершенным способом задач различного уровня сложности, связанных с разработкой продуктов, систем или услуг, их финансированием и последующей реализацией. С этой целью инженер должен обладать всем спектром знаний – естественнонаучных дисциплин, технических, экономических, социальных и гуманитарных наук, наукоемких технологий, базируясь на широкой научной культуре. Современный инженер – это и профессионал, обладающий компетенциями мирового уровня, и организатор, и координатор, и менеджер комплексных научно-технических проектов.

7.4. Инновационный инженерный проектный подход

Достижение лучших результатов в процессе формирования ключевых компетенций специалистов инженерной сферы может обеспечить интеграция указанных подходов с учетом специфики предметной области, особенностей образовательного процесса, применяемых наукоемких инноваций, а также удовлетворение требований внешних заказчиков (работодателей) к качеству специалистов-инженеров. Инновационный инженерный проектный подход, интегрирующий указанные методы, – это практическое решение комплексных задач промышленности (НИР, НИОКР, НИОКТР) преподавателями, аспирантами и студентами в рамках меж- и мульти- дисциплинарных команд на базе университетских ведущих научных и инженерных школ через совместное выполнение мультидисциплинарных исследований с применением надотраслевых технологий и наукоемкого высокотехнологичного оборудования (фундаментальная триада "Brainware – Software – Hardware").

Реализация многоуровневого компетентностного подхода на основе принципа – "от узкоспециализированных квалификаций к компетенциям мирового уровня" и ориентацией на решение актуальных наукоемких задач в промышленности позволит удовлетворить реальные потребности работодателей в квалифицированных и компетентных специалистах, владеющих технологиями мирового уровня.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

Щедровицкий П.Г. Современные инженеры, создающие инфраструктуры, в первую очередь влияют на жизнь страны. ИТАР-ТАСС. 03.04.2012. <http://www.asi.ru/smi/1497/>:

Во внешнем контуре - четыре приоритета:

- полидисциплинарность, обучающая работе с разными областями знаний;

- умение работать в команде, где каждый отвечает за определенное направление. Успех дела в инженерии определяется не только образованностью, талантливостью участвующих в этом деле специалистов, но и тем, как их совместная работа со-организована;

- проектность, то есть четкая ориентированность на результат с учетом заданных сроков;

- умение учитывать полный жизненный цикл объекта при его проектировании: от строительства до вывода из эксплуатации с восстановлением экологии в этом месте. Подлинная революция в области инженерной подготовки связана с распространением методологии управления полным жизненным циклом сложных технологических и технических систем.

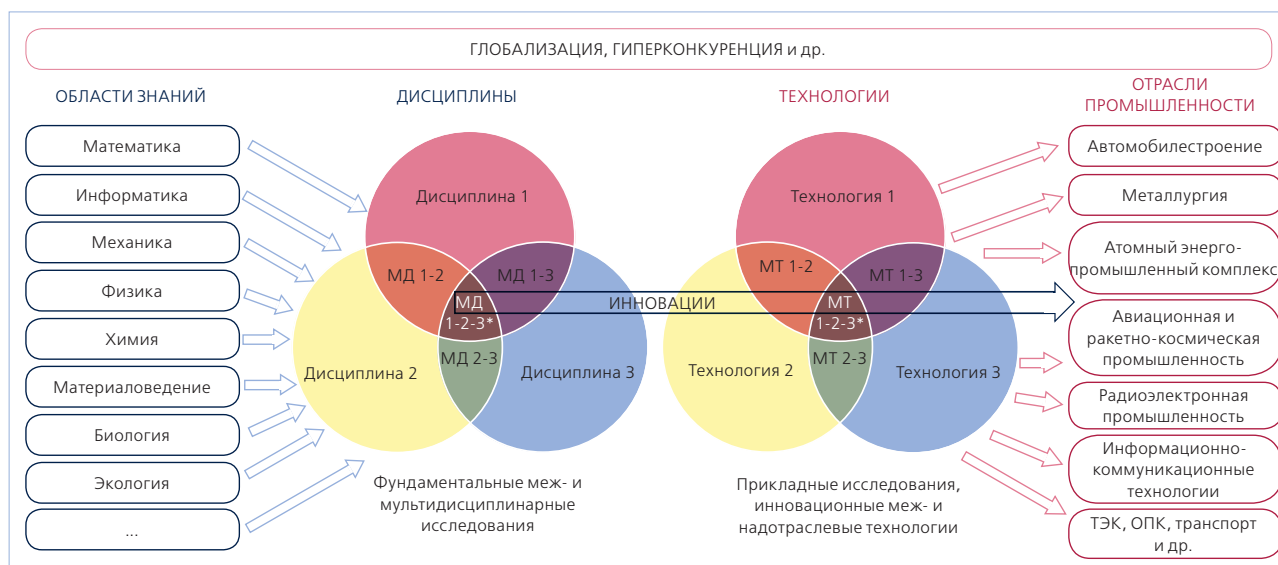


Рисунок 11. Мультидисциплинарный надотраслевой подход к решению инженерных задач. Источник: А.И. Боровков. Выступления и доклады. 2007–2012.

ИСТОЧНИКИ:

33. А.И. Боровков. Тезисы выступлений, докладов в рамках: рабочих совещаний и семинаров (ГК "Ростехнологии", ОАО НПК "Уралвагонзавод", ОАО "АвтоВАЗ", ОАО "Концерн "Океанприбор", ОАО «ВМЗ» др.); семинара НФПК «Международные подходы к анализу деятельности университетов» (СПбГПУ, 22.11.2010), Открытого заседания «Инженерного Клуба» (СПбГПУ, 21.04.2011), семинара "Создание технологической платформы цифрового инжиниринга, материаловедения и промышленного дизайна" (НИТУ МИСИС, 25.04.2012) и др.

7.5. Действующий рациональный Алгоритм взаимодействия промышленности и вузов

Алгоритм возможного взаимодействия промышленности и университетов изложим на основе многолетнего успешного опыта взаимодействия с ведущими отечественными и зарубежными промышленными организациями, имеющегося у НИУ СПбГПУ в рамках созданной Форсайт-структуры:

1. Промышленность формирует заказ – Challenging Industrial Problem, т.е. Промышленную Проблему-Вызов, Проблему, решение которой позволит повысить конкурентоспособность предприятия или отдельных продуктов, изделий, технологий и т.д.
2. ВУЗ должен быть готов решить эту конкретную Проблему. Что значит быть готов?
3. ВУЗ должен иметь компетентных Специалистов мирового уровня – мультидисциплинарную команду Специалистов, обладающих компетенциями мирового уровня и имеющих регулярный успешный опыт работы в рассматриваемой области с ведущими промышленными компаниями мирового уровня. Желательно, чтобы Специалисты ВУЗа были бы встроены в Технологическую цепочку соответствующего промышленного предприятия и работали бы в рамках данной Технологической цепочки.
4. Команда компетентных мультидисциплинарных специалистов в идеальной ситуации должна иметь для своевременного и качественного решения Проблемы необходимые ресурсы:
 - интеллектуальные (Brainware; заранее подготовленные, готовые подключиться к решению Проблемы, на данном этапе основной вопрос – формирование и масштабируемость Команды);
 - материально-технические (Software & Hardware, Hi-Tech, Know-How, экспериментальное оборудование, специализированные помещения и т.д.),

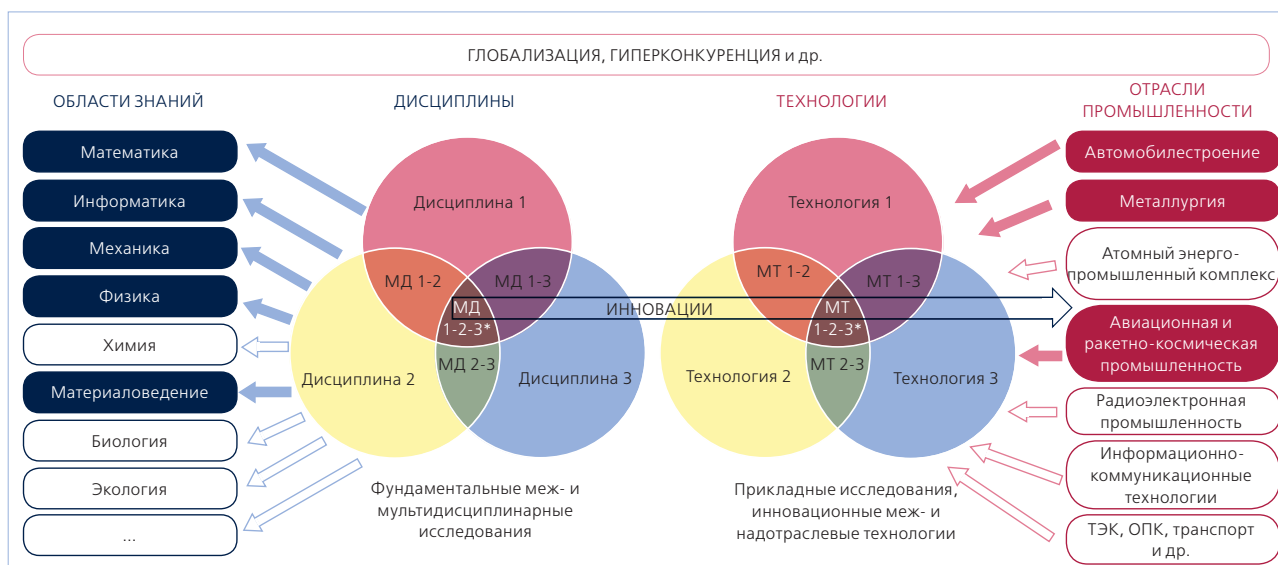


Рисунок 12. Мультидисциплинарный надотраслевой подход к решению инженерных задач. «Обратная» задача. Постановка проблемы / задачи промышленности. Источник: А.И. Боровков. Выступления и доклады. 2007–2012.

т.е. должна быть создана и поддерживаться на мировом уровне Форсайт-структура (Centre of Excellence) – динамично и гибко настраиваемая для эффективного решения Проблемы Структура (Институт / Центр / Лаборатория и т.д., т.е. Интеллектуальная среда и Инфраструктура).

5. Из всего арсенала Software & Hardware & Hi-Tech & Know-How компетентными специалистами формируется специализированная Технологическая Цепочка, каждое звено которой должно соответствовать мировому уровню решения подобных Проблем.

6. В рамках сформированной специализированной Технологической Цепочки решается сформулированная Промышленная Проблема-Вызов.

7. В процессе исследования и решения Проблемы естественным образом происходит генерирование необходимых для ее решения новых знаний, их формализация и аккумуляция, синергетическое взаимодействие и неформальная передача (трансфер) знаний в рамках совместной работы над решением Проблемы, подготовка конкурентоспособных и востребованных специалистов, развитие компетенций и Технологий, наконец, – надотраслевой трансфер Технологий, Знаний, компетенций при обязательном сохранении за Centre of Excellence Ключевых Технологий, Знаний, Компетенций и Know-How (“нужно постоянно держать отрыв”, обеспечивать интеллектуальное превосходство, в частности, понимая, что “китайский дракон у ворот”).

8. Переход к п. 1 и все повторяется сначала по описанному выше Алгоритму, только для других промышленных предприятий (ясно, что решение Проблем может происходить параллельно), других отраслей (понятно, что трансфер ключевых знаний и технологий в рамках отрасли затруднен в силу гиперконкуренции, однако, чрезвычайно эффективен надотраслевой трансфер технологий – “инвариантных” (от отрасли) технологий).

ИСТОЧНИКИ:

34. А.И. Боровков. Тезисы выступлений и докладов на Круглых столах (Workshop) Центра стратегического развития «Северо-Запад» «Основные тенденции развития технологий и рынков инжиниринга и проектирования» (10 февраля 2012 г.), «Основные тенденции развития технологий и рынков современных материалов» (11 февраля 2012 г. в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу», инициированного Министерством промышленности и торговли России; Конференции «Поставщики высокотехнологичных решений для отраслей российской промышленности» (ЗАО Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу».

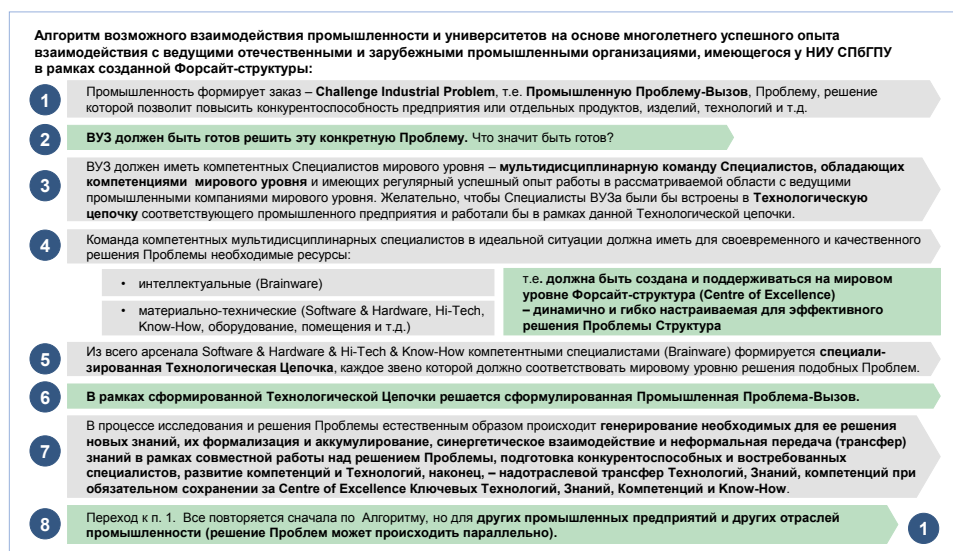


Рисунок 13. Действующий Алгоритм взаимодействия промышленности и вузов на опыте НИУ «СПбГПУ».

Источник: Информационно-аналитический Форсайт-центр ФГБОУ ВПО «СПбГПУ» для АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов».

Подчеркнем, что вышеизложенный Алгоритм и описанная Форсайт-структура (Centre of Excellence) – реализованы в рамках эффективного взаимодействия мультидисциплинарных команд и выполнения многочисленных проектов в интересах ведущих мировых компаний автомобилестроения (BMW, Audi, Daimler (Mercedes), Porsche, Volkswagen, Bugatti, АВТОВАЗ, КАМАЗ, ё-АВТО / ё-Инжиниринг и др.), авиа- и ракетостроения (Boeing, Airbus, ИРКУТ, Ракетно-космическая корпорация “Энергия” им. С.П. Королева и др.), нефтегазовой отрасли (Schlumberger, Weatherford, Газпром, НефтеХимПроект и др.), атомной энергетики (госкорпорация “Росатом”), машиностроения (госкорпорация “Российские технологии”, концерн “Силовые машины” и др.), металлургии (Северсталь, Ижорский трубный завод и др.) и других отраслей промышленности.

Так, например, трудоемкость создания наукоемких компьютерных технологий мирового уровня и Технологических Цепочек (фактически, уникальный транснациональный интеллектуальный капитал), используемых для решения Challenging Industrial Problem и представленных в Форсайт-структуре, составляет более 500 000 человеко-лет, соответственно, можно оценить и финансовые ресурсы затраченные и затрачиваемые ежегодно ведущими фирмами-вендорами на их создание, сопровождение и развитие.

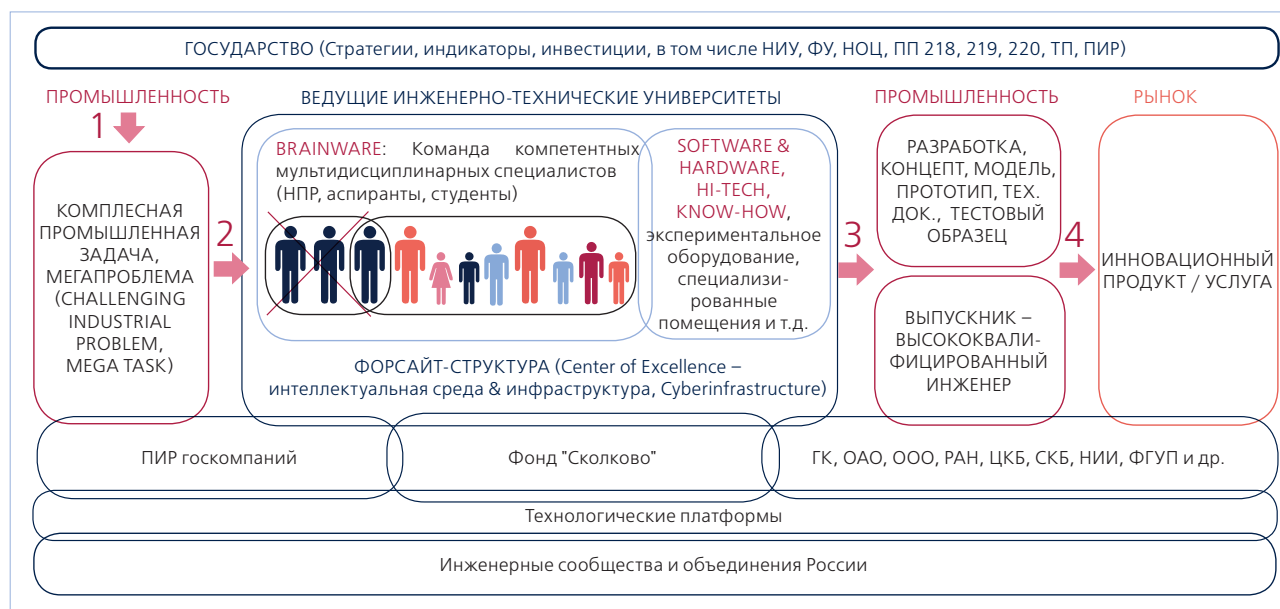


Рисунок 14. Проектные мультидисциплинарные команды.
Источник: А.И. Боровков. Выступления и доклады. 2007–2012.

7.6. Распределенная учебно-научно-инновационная Форсайт-структура в области наукоемкого компьютерного инжиниринга

Система высшего инженерного образования в 90-е годы XX века вступила в критическую фазу своего развития. В России, в частности, проявились все основные тенденции постиндустриального перехода в высшем профессиональном образовании, среди которых следует отметить три основных:

1. Массовизация и интернационализация ВПО в рамках общих глобализационных процессов с сопровождающим их ростом коммерциализации высшего образования; преобразование вузов в рыночные субъекты и рост значимости на мировом рынке образовательных услуг рыночных позиций высшей школы;

2. Формирование потребностей в «гибких» специальностях – переход от узкоспециализированных знаний и квалификаций, формально подтвержденных дипломом, к набору ключевых компетенций – способности вести определенную деятельность. Принципиально важно заметить, что стандартные отраслевые знания и стандартные квалификационные пакеты, передаваемые в ходе обучения, начали утрачивать свою эффективность. Стала расти роль меж-, мульти- и транс- дисциплинарных исследований и научно-образовательного процесса, основанного на этих исследованиях и ориентированного не столько на формальные квалификации, сколько на получение современных ключевых компетенций как способности принимать решения в динамичной ситуации, способности не столько воспроизводить академические знания, сколько создавать новые знания на основе современных достижений науки, открытых инноваций (Open Innovations) и передовых наукоемких технологий.

ИСТОЧНИКИ:

35. Рудской А.И., Боровков А.И., Романов С.В. Форсайт-структура. Принципы построения и развития. Опыт реализации // Материалы XI Всероссийской конф. по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах». СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2007. 12 - 28.

32. Федоров М.П., Боровков А.И., Рудской А.И. и др. Форсайт-структура в СПбГПУ // Материалы XIV Межд. научно-метод. конф. "Высокие интеллектуальные технологии и качество образования и науки". СПб.: Изд. СПбГПУ. 2007.

36. Федоров М.П., Боровков А.И., Рудской А.И. и др. Форсайт-структура в СПбГПУ // Инновационные технологии образования. № 10. СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2007. 5 - 22.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Дорофеев К.В., зам. зав. кафедрой №82 «Стратегического планирования и методологии управления» факультета Управления и экономики высоких технологий НИЯУ «МИФИ»: То, что мы наблюдаем в инженерной практике, и должны отразить в инженерном образовании – формирование рабочих сред для коллективной деятельности по созданию индивидуальных продуктов и услуг. В инжиниринговых центрах – это тяжёлые САПР, позволяющие крупным коллективам вести совместную деятельность. Такие системы – отдельные острова будущей технологизированной среды по созданию новых знания и новых продуктов. Инженерное образование должно помогать людям встраиваться в эту новую среду, оно само должно стать частью этой среды по созданию интеллектуальных продуктов.

3. Возрастающая актуальность научно-технологической революции в образовании, связанная с постепенным сокращением классно-урочного преподавания и ростом значения подготовки, основанной на использовании проблемно- и проектно- ориентированного опыта как основного способа эффективной подготовки к профессиональной деятельности; развитие новых форматов образования (учебно-научно-инновационных структур, тренинг-центров, научно-образовательных центров, центров компетенции, корпоративных университетов и т.д.).

В настоящее время общество приходит к выводу, что основой для реализации человеческого потенциала, улучшения качества жизни, социально-экономического развития и повышения конкурентоспособности – построения новой инновационной экономики знаний – является сбалансированная, устойчивая и динамично развивающаяся система образования и подготовки кадров.

В связи с этим принципиально важным является создание в отечественной системе ВПО локальных инновационных инфраструктур будущего – учебно-научно-инновационных Форсайт-структур – сбалансированных, устойчивых, самообучающихся и непрерывно обновляющихся структур, представляющих собой интеллектуальную среду для:

- генерации и расширенного воспроизводства меж-, мульти- и транс- дисциплинарных знаний, создания и развития корпоративной инновационной и предпринимательской культуры;
- развития и распространения современных ключевых компетенций и передовых наукоемких технологий, адекватных актуальным научно-технологическим вызовам глобальной экономики;
- развития и интенсивной коммерциализации технологий и услуг, конкурентоспособных на мировом рынке, реализации их на практике, в условиях резкого увеличения скорости, сложности и непредсказуемости происходящих изменений в соответствии с принципом – “Не догонять прошлое, а создавать будущее”.

7.6.1. Основные цели создания и развития Форсайт-структуры

Распределенная учебно-научно-инновационная Форсайт-структура в области наукоемкого компьютерного инжиниринга, являющаяся интеллектуальной средой для эффективного взаимодействия между собой триады “Brainware & Software & Hardware” представляет собой один из элементов создаваемой национальной инновационной системы России.

Одна из основных целей создания форсайт-структуры – организация и проведение междисциплинарных исследований фундаментального и прикладного характера по большинству приоритетных направлений и критических технологий РФ. Конкретная цель – развитие динамичной системы политехнического междисциплинарного образования и выполнения научных исследований, способной обеспечить:

- генерацию и расширенное воспроизводство знаний, элитную подготовку специалистов на основе широкого использования инновационных образовательных технологий и передовых компьютерных технологий мирового уровня, широких возможностей выбора студентами учебных курсов и вычислительных практикумов, направленных на приобретение ключевых меж- и мульти- дисциплинарных компетенций,
- импорт и развитие наукоемких компьютерных технологий мирового уровня, трудоемкость разработки которых высокотехнологичными компаниями-вендорами оценивается десятками тысяч человеко-лет,
- коммерциализацию политехнических меж-, мульти- и транс- дисциплинарных знаний, умений, навыков и компетенций, наукоемких компьютерных технологий и результатов из научно-образовательной политехнической среды в различные отрасли отечественной промышленности,
- экспорт высококачественных интеллектуальных услуг и инженерно-технологических сервисов, конкурентоспособных на мировом рынке,
- своевременную и адекватную реакцию на научно-технологические вызовы глобальной экономики на основе целенаправленного фокусирования материально-технических (Hardware, Software) и интеллектуальных ресурсов (Brainware) университета на регулярном, качественном и быстром решении с помощью передовых мультидисциплинарных технологий компьютерного инжиниринга актуальных наукоемких задач, выдвигаемых различными отраслями отечественной и зарубежной промышленности.

Другая основная цель – развитие политехнического меж- и мультидисциплинарного образования, корпоративной инновационной и предпринимательской культуры, интеллектуальной среды генерации и расширенного воспроизводства знаний в области наукоемкого компьютерного инжиниринга. Конкретная цель – обеспечение преемственности и эффективного взаимодействия различных поколений (старшего, среднего и младшего) преподавателей и студентов, решение наиболее актуальной российской проблемы – кадровой проблемы – на основе инновационно-эволюционного перехода от “быстро устаревающих традиционных пакетов отраслевых квалификаций к набору ключевых мультидисциплинарных компетенций мирового уровня”, позволяющего заложить фундаментальные основы инновационной инфраструктуры будущего и сосредоточиться на элитной подготовке специалистов, которые смогут не только “работать по специальности, но и достойно зарабатывать”, обеспечивая при этом высокие качество, престижность и репутацию российского политехнического образования.

Ассоциативными компонентами проблемно- и проектно- ориентированной виртуальной Форсайт-структуры могут выступать кафедры, совместные учебно-научные лаборатории вузов и лабораторий институтов РАН. Итак, учебно-научно-инновационная Форсайт-структура представляет собой распределенную систему эффективно взаимодействующих подразделений (команд) на основе принципа “проблемно- и ресурсно-ориентированной виртуальной организации”.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ:

Лисина М. И. Гиперконкуренция как современная среда обитания фирм <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2371>:

Динамизм и агрессивность гиперконкуренции во многом объясняются и появлением новых форм предприятий – виртуальных. Интеграция рыночных партнеров в виртуальные сети приобретает возрастающее значение в организации экономической деятельности. Временная корпоративная сеть – виртуальная организация – является ответом на быстро изменяющуюся внешнюю среду, с которой сталкивается современная компания. Создание виртуального предприятия означает интеграцию уникального опыта, производственных возможностей и передовых технологий ряда предприятий-агентов вокруг некоторого проекта, который не может быть выполнен каждым из них в отдельности. С включением заказчиков и исполнителей в единую открытую сеть границы между взаимодействующими организациями становятся нечеткими, прозрачными подвижными. Таким образом, важнейшей характеристикой виртуальной организации является гибкая, адаптивная, динамичная сетевая структура.

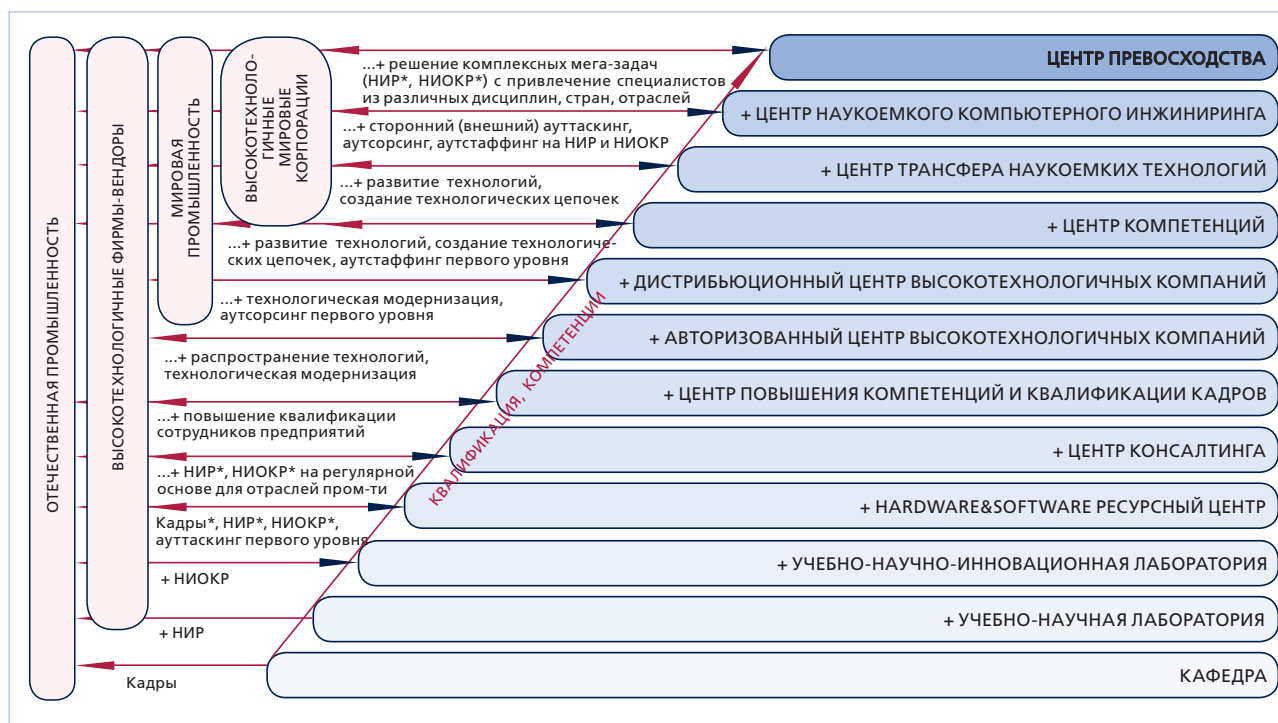


Рисунок 15. Учебно-научно-инновационная многоуровневая Форсайт-структура в области наукоемких технологий компьютерного инжиниринга. Основные элементы и этапы эволюции.
Источник: А.И. Боровков. Выступления и доклады. 2007–2012.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Князев Е.А., директор центра университетского менеджмента НИУ ВШЭ (?): Главное в инженерном образовании – понимание того, что сегодня является правильным академическим знанием. Зарубежные публикации говорили о второй модели академического знания ещё 15 лет назад, нужно говорить не о междисциплинарности, а о наддисциплинарности, и выработать парадигму знания в той области, в которой мы строим образование. Говоря о том, что возникают новые технологические уклады и стыки, нужно понять, какие компетенции должны быть у тех, кто получает образование.

Распределенная Форсайт-структура в области наукоемких технологий компьютерного инжиниринга позволяет в условиях глобализации, гиперконкуренции и резкого увеличения скорости, сложности и непредсказуемости происходящих изменений обеспечить:

- высокое качество, престижность и репутацию российского инженерного образования;
- развитие корпоративной инновационной и предпринимательской культуры, интеллектуальной среды генерации и расширенного воспроизводства знаний, развития и распространения современных ключевых компетенций и технологий, адекватных актуальным научно-технологическим вызовам глобальной экономики,
- превращение интеллектуального потенциала в один из основных ресурсов устойчивого экономического роста путем интенсивной коммерциализации технологий и услуг, конкурентоспособных на мировом рынке,
- разработку, развитие и применение передовых образовательных технологий для укрепления позиций российского ВПО в процессе интернационализации рынка образовательных и наукоемких инженерно-технологических услуг в рамках общих глобализационных процессов с сопровождающим их ростом коммерциализации ВПО;

– максимально возможное влияние на всю систему инновационного ВПО в России, основной характеристикой которого является «Не догонять прошлое, а создавать будущее» путем развития политехнической системы мультидисциплинарного образования и осуществления инновационно-эволюционного перехода от «быстро устаревающих традиционных пакетов отраслевых квалификаций к набору ключевых междисциплинарных компетенций мирового уровня»;

– участвовать в построении инновационного общества с экономикой, базирующейся на генерации и распространении знаний, эффективном применении достижений в сфере науки и высоких технологий, и его центрального элемента – сбалансированной, устойчивой и динамично развивающейся системы ВПО, Форсайт-структура строится на принципах «облачного предприятия» социально-сетевой формы интеллектуальной деятельности людей по производству знаний, созданию инноваций, их экспертизе, отбору и практическому воплощению. Это сочетание краудсорсинга (CrowdSourcing) и открытых инноваций (Open Innovation), что позволяет вовлечь в инновационную деятельность новых компетентных специалистов мирового уровня. Это технологии «коллективного разума» (collective intelligence), позволяющие повысить коллективный IQ сообществ. Это «рынки предсказаний» (prediction markets), способные предвидеть будущее, что улучшает принимаемые решения. Это методы организации «деятельных сообществ» (communities of practice) и «эпистемических сообществ» (epistemic communities), позволяющие наладить процесс коллективного решения сложных задач.

ИСТОЧНИКИ:

37. Федоров М.П., Боровков А.И., Рудской А.И., Козлов В.Н., Романов С.В. Форсайт-структура в СПбГПУ // Материалы XIV Межд. научно-метод. конф. "Высокие интеллектуальные технологии и качество образования и науки". СПб.: Изд. СПбГПУ. 2007.

Ключевые инструменты государственной политики

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Климов А.А., заместитель Министра образования и науки Российской Федерации: Всё, что написано в разделе «Ключевые инструменты государственной политики» мы уже реализуем в какой-то степени. Нет некой новой конструкции, которая бы позволила по-новому посмотреть на механизмы государственного влияния. Создаётся ощущение, что реализация этих мероприятий не изменит ситуацию.

Если бы можно было определить «жизненный цикл» инженера, траекторию профессионального движения человека, выбравшего инженерную сферу специализации. Основные компетенции формируются не в вузе, а в ходе практической деятельности – и как возможно стыковать образование и практику. Также хотелось бы подробнее рассмотреть применение инженерного мышления, определяющего карту мира, социальный инжиниринг.

8.1. Ключевые инструменты и направления государственной политики по развитию инновационной деятельности, включающей развитие инженерного образования

Распределение координирующих функций между федеральными органами исполнительной власти и определение ответственных за эффективную реализацию отдельных направлений инновационной политики, включающей развитие и обеспечение конкурентоспособности российского инженерного образования.

Формирование планов развития (дорожных карт) важнейших технологий с определением мер поддержки и необходимой степени международной кооперации при их создании.

Обеспечение приоритетности финансирования инноваций, подготовки и профессиональной переподготовки инженеров (бакалавров и магистров техники и технологий) при последующих циклах бюджетного планирования.

Наращивание инновационной активности в государственном секторе экономики, в первую очередь, в компаниях с государственным участием и государственных корпорациях посредством реализации ими программ инновационного развития (ПИР), предусматривающих участие в них технических университетов.

Формирование сети ведущих технических университетов, развитие исследовательских, инженерных и технологических компетенций вузов, расширение выполнения на их базе НИР, НИОКР и НИОКТР в интересах компаний реального сектора экономики.

Формирование национальных исследовательских центров и лабораторий по ключевым направлениям технологического развития, формирование территориальных центров генерации и коммерциализации знаний, в том числе на базе наукоградов и закрытых административно-территориальных образований, формирование сети центров превосходства и центров компетенции в национальных исследовательских университетах.

Обеспечение активного участия ведущих промышленных предприятий в определении и финансировании приоритетов научно-технологического развития, в том числе путем формирования технологических платформ.

Совершенствование механизма, позволяющего осуществлять финансовую, организационную и консультационную поддержку инновационных проектов на всех стадиях инновационного цикла.

Совершенствование образовательных стандартов и внедрение новых технологий обучения в целях формирования навыков и компетенций, необходимых для инновационной экономики.

Создание специальной стипендиальной программы для студентов инженерных специальностей (бакалавров и магистров техники и технологий), обеспечение более тесной интеграции обучения с практикой на ведущих промышленных предприятиях, содействие в обеспечении жильем инженеров, работающих по специальности с целью значительного повышения качества и престижа инженерного образования.

Перераспределение финансирования в пользу активных исследовательских коллективов путем повышения роли конкурсных механизмов выделения средств на науку, а также повышение мобильности ученых между научными организациями и вузами.

Введение дополнительных льгот, в том числе налоговых, для развития инжиниринга и информационных технологий.

Повышение престижа научной, инженерной и предпринимательской деятельности, в том числе через популяризацию инновационной тематики в средствах массовой информации и сети Интернет.

Организация системы поиска и обеспечения раскрытия способностей талантливых детей к творчеству (в первую очередь, по естественнонаучным и техническим направлениям).

Формирование необходимых инструментов и механизмов поддержки государственных закупок инновационной продукции и эффективного размещения заказа на НИР, НИОКР и НИОКТР для государственных нужд в рамках создания комплексной федеральной контрактной системы.

Активизация поддержки выхода на внешние рынки российских высокотехнологичных компаний, в том числе путем наращивания финансовой поддержки экспорта и покупки высокотехнологичных зарубежных активов.

Содействие российским компаниям в поиске зарубежных технологических партнеров, формирование и реализация совместных проектов, разработка новых технологий и выпуск высокотехнологичной продукции с компаниями из наиболее технологически развитых стран, в том числе на базе торговых представительств Российской Федерации.

ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

Соболев А.Б., директор департамента государственной политики в сфере высшего образования Министерства образования и науки Российской Федерации: Два важных различия – подготовка инженеров для тех отраслей промышленности, которые существуют сейчас, и технологическое совершенствование промышленности – то есть инновационная инженерия и подготовка специалистов для тех отраслей, которых в России нет. Именно второму посвящена книга – как подготовить инженера для той отрасли, которая фактически появится только в будущем. Кейс – технологическая магистратура, Израиль.

Можно ли это сделать, не имея соответствующей экономики, как удерживать кадры? Потому что при подготовке они автоматически уходят в «большой мир». Необходима работа в направлении построения концепции подготовки таких специалистов. Нужно понимать, что мы работаем не из позиции существующей системы образования, и не из позиций той экономической системы, которая на данный момент существует.

Приложения

9.1. Требования к инженерным компетенциям в России

В соответствии с российским законодательством (Федеральные законы № 232-ФЗ и 309-ФЗ) с 01.09.2009 г. вузами России осуществлен переход на уровневую систему образования на основе новых Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) высшего профессионального образования (ВПО) по направлениям подготовки (т.е. на основе ГОС третьего поколения). В качестве примера компетенций инженера XXI века в России рассмотрим ФГОС ВПО по направлению подготовки 151600 "Прикладная механика", утвержденные Приказом Министерства образования и науки РФ от 9 ноября 2009 г. № 540, 541. Квалификации (степени) выпускников этого направления – "бакалавр" и "магистр" техники и технологий, а само направление "Прикладная механика" относится к укрупненной группе направлений и специальностей "Металлургия, машиностроение и материалообработка".

Принципиально важно понимать, что направлению подготовки "Прикладная механика" присущи современные черты инновационного инженерного образования – фундаментальная физико-математическая подготовка, мультидисциплинарность (см. области профессиональной деятельности) и надотраслевой характер (см. объекты профессиональной деятельности), широкое применение передовых наукоемких технологий компьютерного инжиниринга мирового уровня, позволяющих создавать в кратчайшие сроки конкурентоспособную и востребованную на глобальном рынке продукцию нового поколения.

Объектами профессиональной деятельности магистров являются:

– физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, композитные структуры, сооружения, установки, агрегаты, оборудование, приборы и аппаратура и многие другие объекты современной техники, различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, для которых проблемы и задачи прикладной механики являются основными и актуальными и которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики:

- авиа- и вертолетостроение,
- автомобилестроение,
- гидро- и теплоэнергетика, атомная энергетика,
- гражданское и промышленное строительство;
- двигателестроение,
- железнодорожный транспорт,
- металлургия и металлургическое производство,
- нефтегазовое оборудование для добычи, транспортировки, хранения и переработки,
- приборостроение, нано/микро системная техника,

- ракетостроение и космическая техника,
- робототехника и мехатронные системы,
- судостроение и морская техника,
- транспортные системы,
- тяжелое и химическое машиностроение,
- электро- и энергомашиностроение;

– технологии: информационные технологии, наукоемкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий и компьютерных технологий жизненного цикла изделий и продукции (PLM-технологии, Product Lifecycle Management), расчетно-экспериментальные технологии, суперкомпьютерные технологии и технологии распределенных вычислений на основе высокопроизводительных кластерных систем, технологии виртуальной реальности, технологии быстрого прототипирования, производственные технологии (технологии создания композиционных материалов, технологии обработки металлов давлением и сварочного производства, технология повышения износостойкости деталей машин и аппаратов), нанотехнологии;

– материалы, в первую очередь, новые, перспективные, многофункциональные и "интеллектуальные" материалы, материалы с многоуровневой или иерархической структурой (порошковые, пористые и керамические материалы, композиционные материалы, включая слоистые, волокнистые, гранулированные и текстильные композиты с регулярной и хаотической микроструктурой, нанокompозиты), материалы техники нового поколения, функционирующей в экстремальных условиях: при сверхнизких и сверхвысоких температурах, в условиях сверхвысокого давления и вакуума, в условиях статического, циклического, вибрационного, динамического и ударного нагружений, высокоскоростного деформирования и взрывных нагрузок, в условиях концентрации напряжений и деформаций, мало- и многоциклового усталости, контактных взаимодействий и разрушений, различных типов изнашивания (абразивное, коррозионно-механическое, адгезионное и когезионное, усталостное, эрозионное, кавитационное, фреттинг-коррозия), а также в условиях механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электро-магнитных и радиационных внешних воздействий.

Область профессиональной деятельности магистров включает:

– теоретическое, компьютерное и экспериментальное исследование научно-технических проблем и решение задач прикладной механики – задач динамики, прочности, устойчивости, рациональной оптимизации, долговечности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры и их элементов;

– применение информационных технологий, современных систем компьютерной математики, технологий конечно-элементного анализа и вычислительной гидрогазодинамики, наукоемких компьютерных технологий – программных систем компьютерного проектирования (систем автоматизированного проектирования, САПР; CAD-систем, Computer-Aided Design),

программных систем инженерного анализа и компьютерного инжиниринга (CAE-систем, Computer-Aided Engineering), применение передовых технологий "Simulation-Based Design" (компьютерного проектирования конкурентоспособной продукции, основанного на интенсивном применении многовариантного конечно-элементного моделирования) и "Digital Mock-Up" (технологии разработки цифровых прототипов на основе виртуальных, цифровых трехмерных моделей изделия и всех его компонентов, позволяющих исключить из процесса разработки изделия создание дорогостоящих натуральных моделей-прототипов и позволяющих "измерять" и моделировать любые характеристики объекта в любых условиях эксплуатации);

– исследование проблем механики контактного взаимодействия, контактного повреждения и разрушения, проблем трибологии (трения, износа и смазки), надежности (в первую очередь, безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости, износостойкости, усталости и коррозии) машин, их деталей, узлов трения и триботехнических систем;

– управление проектами, управление качеством, управление наукоемкими инновациями, маркетинг, стратегический и инновационный менеджмент, предпринимательство в области высоких наукоемких технологий; организация работы научных, проектных и производственных подразделений, занимающихся разработкой и проектированием новой техники и технологий, внедрением и применением наукоемких технологий.

Бакалавры и магистры техники и технологий по направлению "Прикладная механика" должны обладать общекультурными компетенциями:

– владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;

– уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь;

– быть готовым к сотрудничеству с коллегами и к работе в коллективе;

– находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и быть готовым нести за них ответственность;

– использовать нормативные правовые документы в своей деятельности;

– стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;

– уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и средства развития достоинств и устранения недостатков;

– осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности;

– использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, быть способным анализировать социально значимые проблемы и процессы;

– использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и ком-

пьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях;

– способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны;

– владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией;

– владеть одним из иностранных языков на уровне чтения и понимания научно-технической литературы, быть способным общаться в устной и письменной формах на иностранном языке;

– владеть основными знаниями и методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;

– уметь использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности;

– быть готовым к профессиональному росту, самостоятельно пополнять свои знания, совершенствовать умения и навыки, самостоятельно приобретать и применять новые знания, развивать компетенции;

– уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям России, толерантно воспринимать социальные и культурные различия и особенности других стран;

– использовать в личной жизни и профессиональной деятельности этические и правовые нормы, регулирующие межличностные отношения и отношение к обществу, окружающей среде, основные закономерности и нормы социального поведения, права и свободы человека и гражданина;

– владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, быть готовым к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;

– владеть культурой безопасности, экологическим сознанием и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности;

– понимать проблемы устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека;

– владеть приемами рационализации жизнедеятельности, ориентированными на снижение антропогенного воздействия на природную среду и обеспечение безопасности личности и общества.

Бакалавры и магистры техники и технологий по направлению "Прикладная механика" должны обладать профессиональными компетенциями:

- расчетно-экспериментальными с элементами научно-исследовательских:
 - быть способным выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
 - применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности;
 - быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям;
 - быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний;
 - составлять описания выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обрабатывать и анализировать полученные результаты, готовить данные для составления отчетов и презентаций, написания докладов, статей и другой научно-технической документации;
 - применять программные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, оформлять отчеты и презентации, готовить рефераты, доклады и статьи с помощью современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати;
 - критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты;
 - самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач;
 - самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной

механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства; решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня);

– самостоятельно овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты машин и приборов на динамику и прочность, устойчивость, надежность, трение и износ для специализированных задач прикладной механики;

– овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований по динамике и прочности, устойчивости, надежности, трению и износу машин и приборов; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов;

• проектно-конструкторскими:

– проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов;

– участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин;

– участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы;

– формулировать технические задания и применять программные системы компьютерного проектирования (CAD-системы) в процессе конструирования деталей машин и элементов конструкций с учетом обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, надежности и износостойкости, готовить необходимый комплект технической документации в соответствии с ЕСКД;

– проектировать машины и конструкции с учетом требований обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин;

– разрабатывать технико-экономические обоснования проектируемых машин и конструкций, составлять техническую документацию на проекты, их элементы и сборочные единицы;

• производственно-технологическими:

– выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов;

– участвовать во внедрении технологических процессов наукоемкого производства, контроля качества материалов, процессов повышения надеж-

ности и износостойкости элементов и узлов машин и установок, механических систем различного назначения;

– разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях приложения прикладной механики с учетом экономических и экологических требований;

– самостоятельно адаптировать и внедрять современные наукоемкие компьютерные технологии прикладной механики с элементами мультидисциплинарного анализа для решения сложных научно-технических задач создания техники нового поколения: машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры;

• научно-инновационными:

– участвовать во внедрении и сопровождении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики;

– применять инновационные подходы с целью развития, внедрения и коммерциализации новых наукоемких технологий;

– разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности научно-производственного коллектива, разрабатывать технико-экономическое обоснование инновационных разделов научно-технических проектов;

– разрабатывать и реализовывать проекты по интеграции вузовской, академической и отраслевой науки с целью коммерциализации и внедрения инновационных разработок на высокотехнологичных промышленных предприятиях, в НИИ и КБ;

– участвовать в организации и проведении инновационного образовательного процесса;

• организационно-управленческими:

– участвовать в организации работы, направленной на формирование творческого характера деятельности небольших коллективов, работающих в области прикладной механики;

– участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности;

– разрабатывать планы на отдельные виды работ и контролировать их выполнение;

– владеть культурой профессиональной безопасности, уметь идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности;

– быть готовым применять профессиональные знания для минимизации

негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности;

– владеть приемами и методами работы с персоналом, методами оценки качества и результативности труда, оценивать затраты и результаты деятельности научно-производственного коллектива;

– находить рациональные решения при создании конкурентоспособной продукции с учетом требований прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, износостойкости, качества, стоимости, сроков исполнения и безопасности жизнедеятельности;

– быть готовым к постоянному совершенствованию профессиональной деятельности, принимаемых решений и разработок в направлении повышения безопасности;

– владеть полным комплексом правовых и нормативных актов в сфере безопасности, относящихся к виду и объекту профессиональной деятельности;

• научно-педагогическими:

– принимать непосредственное участие в учебной и учебно-методической работе кафедр и других учебных подразделений по профилю направления, участвовать в разработке программ учебных дисциплин и курсов;

– проводить учебные занятия, лабораторные работы, вычислительные практикумы, принимать участие в организации научно-исследовательской работы студентов младших курсов, быть способным преподавать в школах и среднетехнических учебных заведениях;

• консультационно-экспертными:

– консультировать инженеров-расчетчиков, конструкторов, технологов и других работников промышленных и научно-производственных фирм по современным достижениям прикладной механики, по вопросам внедрения наукоемких компьютерных технологий (CAD/CAE-систем);

– проводить научно-технические экспертизы расчетных и экспериментальных работ в области прикладной механики, выполненных в сторонних организациях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Название источника

1. Booz & Company, The global innovation1000-how the top innovators keep winning (2010). http://www.booz.com/media/file/sb61_10408-R.pdf and http://www.booz.com/media/file/keep_winning_11_2010.pdf. Both accessed 10 August 2011.
2. Continental AG. In Search of Global Engineering Excellence: Educating the Next Generation of Engineers for the Global Workplace. Hanover, Germany, Continental AG, 2006.
3. Current Trends in Engineering Education. Frank P. Incropera. College of Engineering University of Notre Dame. Notre Dame, Indiana, USA. University of Bonn Federal Republic of Germany. March 11, 2002.
4. САЕ-ТЕХНОЛОГИИ – КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. М.П. Федоров, А.И. Боровков, Ю.Я. Болдырев, В.А. Пальмов. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Материалы VI Всероссийской конференции по проблемам науки и высшей школы «Фундаментальные исследования в технических университетах» 6 июня 2002 г., Санкт-Петербург. Труды СПбГПУ, т.1. СПб. Изд-во СПбГПУ.17-24.
5. Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education. James J. Duderstadt, President Emeritus and University Professor of Science and Engineering. The University of Michigan. 2008.
6. FUTURE OF THE FINNISH ENGINEERING EDUCATION – A COLLABORATIVE STAKEHOLDER APPROACH. Kati Korhonen-Yrj nheikki. Doctoral dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology to be presented with due permission of the School of Science for public examination and debate in Auditorium TU1 at the Aalto University School of Science (Espoo, Finland) on the 29th of April 2011 at 12 noon. Academic Engineers and Architects in Finland – TEK. 2011.
7. GLOBAL ACCREDITATION TRENDS. Russel C. Jones, Ph.D., P.E. World Expertise LLC 2001 Mayfair McLean Court. Falls Church , VA , 22043 , USA RCJonesPE@aol.com. http://www.worldexpertise.com/global_accreditation_trends.htm
8. MOVING FORWARD TO IMPROVE ENGINEERING EDUCATION. National Science Foundation. November 19, 2007.
9. National Science Board. 2012. Science and Engineering Indicators 2012
10. NEW TRENDS IN ENGINEERING EDUCATION: MEGA PROJECTS AND GLOBALIZATION. Prof. A. KOLMOS, President of SEFI (European Society for Engineering Education) 2009-2011, Professor, Aalborg University, Denmark
11. Research on Five Stakeholders & Five Relationships of Higher Engineering Education in China. Guangshe Jia Economics and Management School of Tongji University, Shanghai,China. I.J.Modern Education and Computer Science, 2009, 1, 60-68
12. Sheppard, Sheri D. and William Sullivan. Educating Engineers: Theory, Practice, and Imagination. Palo Alto, CA: Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, 2008, to be published.
13. Trends in Multidisciplinary Engineering Education: 2006 and Beyond. Olivier de Weck and Karen Willcox. 11th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference.MIT. September 7, 2006.
14. Агранович Б.Л., Похолков Ю.П., Чучалин А.И., Соловьев М.А. ИННОВАЦИОННОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ.

15. Алисултанова Э.Д. Компетентностный подход в инженерном образовании: монография. 2010. <http://www.rae.ru/monographs/114>
16. Ассоциация инженерного образования России <http://aeer.cctpu.edu.ru>
17. Бабикова А.В., Федотова А.Ю., Шевченко И.К., Проблемы и перспективы развития инженерного образования в инновационной экономике. ТТИ ЮФУ, Таганрог (Наумкин Н. И. Инновационные методы обучения в техническом вузе / Н. И. Наумкин; под ред. П.В. Сенина, Л.В. Масленниковой, Э.В. Майкова – Саранск : Изд-во Мордов. Ун-та, 2007. – 122 с.)
18. Бодрова Е.В. Инновационные процессы в инженерно-техническом образовании// http://pravmisl.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=590
19. Боровков А.И. PLM-технологии, компьютерный инжиниринг, глобальный аутсорсинг. Часть 1. Современное состояние, тенденции и перспективы развития // Конструктор-машиностроитель. Информационно-аналитический журнал. Декабрь, 2005. 4 – 7.
20. Боровков А.И. PLM-технологии, компьютерный инжиниринг, глобальный аутсорсинг. Часть 2. Глобализация и компьютерный инжиниринг как основные ускорители развития PLM-технологий // Конструктор-машиностроитель. Информационно-аналитический журнал. Март, 2006. 06 – 13.
21. Боровков А.И. PLM-технологии: вчера, сегодня, завтра. Каталог САПР. Программы и производители 2011-2012. - М.: Солон-Пресс. 2011.
22. Боровков А.И. PLM-технологии: вчера, сегодня, завтра. Каталог САПР. Программы и производители 2008-2009. - М.: Солон-Пресс. 2008. 24 - 29.
23. Боровков А.И. Конечно-элементная механика и компьютерный инжиниринг. Опыт применения наукоемких компьютерных технологий в образовании, научных исследованиях и промышленности // Материалы межвуз. конф. "Практика применения научного программного обеспечения в образовании и научных исследованиях". СПб. Изд. СПбГПУ. 2003. 24 –33.
24. Боровков А.И. Современные технологии компьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering, CAE). Опыт построения современного Инжинирингового центра - CAD/FEA/CFD/CAE Centre of Excellence). Доклад на конференции "Поставщики высокотехнологичных решений для отраслей российской промышленности". Саров, 21 марта 2012 г.
25. Боровков А.И., Пальмов В.А. Высокие интеллектуальные технологии компьютерного инжиниринга в образовании, науке и промышленности // Материалы XI Межд. научно-метод. конф. "Высокие интеллектуальные технологии и качество образования и науки". С.-Петербург. Изд. СПбГПУ. 2004. 33 – 48.
26. Боровков А.И., Рудской А.И., Романов С.В. Наукоемкие компьютерные технологии в образовании, научных исследованиях и промышленности. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Министерство образования и науки РФ, ФГУ ГНИИ информационных технологий и телекоммуникаций "Информика". Всероссийский научно-практический семинар "Информационные технологии в образовании. Теория и практика". (Научные руководители семинара: зам. министра образования и науки И.И. Калина и директор ФГУ ГНИИ ИТТ "Информика" А.Н. Тихонов). Москва, 28 ноября 2007 года, Федеральное агентство по образованию, зал коллегий.
27. Брун. М. Гиперконкуренция: характерные особенности, движущие силы и управление http://vasilieva.narod.ru/ptpu/20_3_98.htm
28. Велихов Е.П., Бетелин В.Б. Промышленность, инновации, образование и наука Российской Федерации / Вестник РАН, 2008, т. 78, № 6, 500 – 512.
29. Государственная и региональная политика в области инженерного образования // Аналитический вестник Государственной думы РФ. Выпуск № 9. Москва. 2011

30. Инженерное образование: экспертная оценка, диагноз, перспективы (обзор). Высшее образование в России, № 12, 2011
31. Карлов Н.В., Кудрявцев Н.Н. К истории элитного инженерного образования. Вестник Российской академии наук. Том 70, № 7, с. 579-588 (2000).
32. Концепция развития исследовательской и инновационной деятельности в российских вузах. Проект. Департамент стратегического развития Минобрнауки России. 2010.
33. Концепция создания и государственной поддержки развития федеральных университетов. Приложение к протоколу заседания межведомственной рабочей группы по приоритетному национальному проекту «Образование» при Совете при Президенте Российской Федерации по реализации приоритетных национальных проектов и демографической политике от 29 сентября 2009 г. № АФ-33/03пр.
34. Лисина М.И. Гиперконкуренция как современная среда обитания фирм <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2371>
35. Медовников Д., Оганесян Т., Розмирович С. Главные люди в стране. «Эксперт» №15 (749) / 18 апр 2011, 00:00 <http://expert.ru/expert/2011/15/glavnyie-lyudi-v-strane/>
36. Международный семинар по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования «Всемирная инициатива CDIO»: Материалы для участников семинара (Пер. С.В. Шикалова) / Под ред. Н.М. Золотаревой и А.Ю. Умарова. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2011. – 60 с.
37. Подготовка инженерных кадров: опыт Холдинга «Сухой». www.soyuzmash.ru/mol/docs/sukhoi.ppt
38. Похолков Ю.П., Чучалин А.И., Боев О.В. Гарантии качества подготовки инженеров: аккредитация образовательных программ и сертификация специалистов. // Вопросы образования. 2004. № 4. С. 125-141.
39. Проектирование государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования нового поколения. Методические рекомендации для руководителей УМО вузов Российской Федерации. Проект. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.
40. Россия XXI века: образ желаемого завтра. – М.: Экон-Информ, 2010. – 66 с. Авторы доклады - эксперты ИНСОРа: А. Гольц, Е. Гонтмахер, Л. Григорьев, С. Кулик, Б. Макаренко, Н. Масленников, С. Плаксин, А. Рубцов, Е. Шаталова, И. Юргенс.
41. Рудской А.И., Боровков А.И., Романов С.В. Форсайт-структура. Принципы построения и развития. Опыт реализации // Материалы XI Всероссийской конф. по проблемам науки и высшей школы "Фундаментальные исследования и инновации в технических университетах". СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2007. 12 - 28.
42. Сапрыкин Д. Л. Инженерное образование в России: История, концепция, перспектива // Высшее образование в России. № 1, 2012.
43. Сертификация выпускников вузов: опыт Объединенной авиастроительной корпорации. Пудалова Елена Игоревна, руководитель направления по взаимодействию с учебными заведениями Департамента управления персоналом. Москва, 19 октября 2010 года
44. Стриханов М.Н. «Подготовка инженерных кадров для атомной отрасли». Конференция «Проблемы и будущее инженерного образования» (10 ноября 2011, НИЯУ МИФИ) <http://smus.mephi.ru/node/115>.
45. Тимошенко С.П. Инженерное образование в России. Люберцы, 1987
46. Туккель И.Л., Федоров М.П. Становление инновационной экономики: университеты и кадровое обеспечение // Известия Уральского государственного университета. 2007. № 52. С. 11-18.

47. Турчин П.В. На пороге великих открытий. // STRF.ru. 28.11.2008 г. http://www.strf.ru/material.aspx?d_no=16806&CatalogId=366&print=1
48. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 151600 Прикладная механика (квалификация (степень) "бакалавр"). Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 ноября 2009 г. N 541, Зарегистрировано в Минюсте РФ 18 декабря 2009 г. N 15741
49. Федоров М.П. Докажите лидерство. // Наука и технологии России – STRF.ru.
50. Федоров М.П., Боровков А.И., Рудской А.И. и др. Форсайт-структура в СПбГПУ // Инновационные технологии образования. № 10. СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2007. 5 - 22.
51. Федоров М.П., Боровков А.И., Рудской А.И., Козлов В.Н., Романов С.В. Форсайт-структура в СПбГПУ // Материалы XIV Межд. научно-метод. конф. "Высокие интеллектуальные технологии и качество образования и науки". СПб.: Изд. СПбГПУ. 2007.
52. Энциклопедия PLM // Составители: Левин Д., Малюх В., Ушаков Д. Новосибирск, Изд. дом "Азия", 2008, 445 с.

Перечень рисунков и таблиц

Рисунки

Рисунок 1. ЕНК (Инженерное образование - Наука - Промышленность)*Инновации	12
Рисунок 2. Мультидисциплинарные исследования и надотраслевые технологии	17
Рисунок 3. Переход от узкоспециализированных к мультидисциплинарным исследованиям	21
Рисунок 4. Инженерное образование в мире	23
Рисунок 5. Исследования и разработки (ИР) на мировом рынке	25
Рисунок 6. Инженеры на мировом рынке труда	27
Рисунок 7. Дорожная карта развития инженерного образования в России, фрагменты	29
Рисунок 8. Стейкхолдеры инженерного образования	34
Рисунок 9. Аккредитация, сертификация и регистрация инженерных кадров в мире	41
Рисунок 10. Дорожная карта инженерного образования 21-го века	45
Рисунок 11. Мультидисциплинарный надотраслевой подход к решению инженерных задач	54
Рисунок 12. Мультидисциплинарный надотраслевой подход к решению инженерных задач. «Обратная» задача. Постановка проблемы / задачи промышленностью	55
Рисунок 13. Действующий Алгоритм взаимодействия промышленности и вузов на опыте НИУ «СПбГПУ»	56
Рисунок 14. Проектные мультидисциплинарные команды	57
Рисунок 15. Учебно-научно-инновационная многоуровневая Форсайт-структура в области наукоемких технологий компьютерного инжиниринга. Основные элементы и этапы эволюции	60

Таблицы

Таблица 1. ТОП-20 ведущих вузов, в алфавитном порядке	37
Таблица 2. Ведущие инженерные университеты России (члены Ассоциации ведущих университетов России: НУ, НИУ, ФУ)	38
Таблица 3. Инженерно-технические университеты-победители конкурса поддержки программ стратегического развития, 2011 г.	39
Таблица 4. Требования к инженерным компетенциям в США, Канаде, Японии и Евросоюзе	42
Таблица 5. Инженерное образование: конец 1980-х / начало 2000-х / середина 2010-х	47
Таблица 6. Подготовка инженерных кадров: опыт Холдинга «Сухой»	50

Сокращения

Сокращение	Расшифровка
1. ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
2. AD	Additive Technologies
3. AEC	Architecture, Engineering and Construction
4. CAD	Computer-Aided Design
5. CAE	Computer-Aided Engineering
6. CALS	Computer-aided Acquisition and Logistics Support
7. CDIO	Conceive-Design-Implement-Operate
8. CE	Concurrent Engineering
9. CFD	Computational Fluid Dynamics
10. CIM	Computer Integrated Manufacturing
11. CRM	Customer Relationship Management
12. ECAE	Electrical CAE
13. EIT	European Institute of Technology
14. EKM	Engineering Knowledge Management
15. FEA	Finite Element Analysis
16. FEANI	European Federation of National Engineering Associations
17. MBD	Multi Body Dynamics
18. MCAE	Mechanical CAE
19. MES	Manufacturing Enterprise Solutions
20. MIT	Massachusetts Institute of Technology
21. PDM	Product Data Management
22. PLM	Product Lifecycle Management
23. RP	Rapid Prototyping
24. SCM	Supply Chain Management
25. SLM	Simulation Lifecycle Management
26. STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
27. TAP	Tapping America's Potential
28. WA	Washington Accord
29. АИОР	Ассоциация инженерного образования России
30. БАК	Большой Адронный Коллайдер
31. ЕНК	Единый Национальный Комплекс

32. ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
33. ИТР	Инженерно-технические работники
34. ИТЭР	Интернациональный Термоядерный Экспериментальный Реактор
35. КАН	Китайская академия наук
36. МКС	Международная Космическая Станция
37. НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
38. НИОКТР	Научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы
39. НИР	Научно-исследовательские работы
40. НКТ	Наукоёмкие компьютерные технологии
41. НС	Научные сотрудники
42. ППС	Профессорско-преподавательский состав
43. РАН	Российская академия наук
44. РСПП	Российский союз промышленников и предпринимателей
45. РФФИ	Российский фонд фундаментальных исследований
46. САПР	Система Автоматизации Проектных Работ

Об авторах

Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»

Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» основан в 2000 году.

Учредители: Центр стратегических разработок (Москва), пивоваренная компания «Балтика», ОАО «Телекоминвест», ОАО «Акционерный Банк «РОССИЯ» и ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт «Гранит».

Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» – независимый общественный институт.

Деятельность Фонда заключается в проведении стратегических исследований и выработке экспертных рекомендаций по широкому кругу социально-экономических вопросов.

Выполнение функции коммуникативной площадки рассматривается как одна из ключевых задач. Фонд создает условия для свободного и заинтересованного общения представителей различных профессиональных, территориальных, деловых и общественных сообществ по актуальным вопросам стратегического развития.

Работа Фонда в первую очередь адресована лицам, принимающим стратегические решения и несущим ответственность за их реализацию, а также экспертно-консультационным и проектным группам.

Партнерами Фонда являются федеральные министерства и ведомства, региональные и муниципальные органы власти, общественные и научные организации, бизнес-структуры.

Россия, 199106, Санкт-Петербург, 26-я линия В.О., д. 15, корп. 2, лит. А.
Тел./факс: +7 (812) 380 0320, 380 0321
E-mail: mail@csr-nw.ru
<http://www.csr-nw.ru>

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» – национальный исследовательский университет, осуществляющий подготовку кадров и проведение научных исследований в интересах высокотехнологичных отраслей национальной экономики.

В СПбГПУ обучается более 30 000 студентов и слушателей. В подготовке студентов принимают участие более 3 000 преподавателей, 27 академиков и членов-корреспондентов РАН, свыше 500 профессоров, докторов наук.

В рамках Приоритетного национального проекта «Образование» в 2007–2008 гг. в СПбГПУ реализована инновационная образовательная программа «Развитие политехнической системы подготовки кадров в инновационной среде науки и высокотехнологичных производств Северо-Западного региона России». В 2010 г. СПбГПУ вошел в число победителей конкурсного отбора программ развития университетов, в отношении которых устанавливается категория «национальный исследовательский университет». Цель Программы развития СПбГПУ на 2010–2019 гг. – модернизация и развитие СПбГПУ как университета нового типа, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и надотраслевые технологии мирового уровня для повышения конкурентоспособности национальной экономики. СПбГПУ является победителем всех мегаконкурсов Минобрнауки по Постановлениям Правительства №№ 218, 219, 220.

СПбГПУ является участником 20 Программ инновационного развития госкомпаний, 7 технологических платформ; членом Ассоциации ведущих университетов России и Ассоциации «Консорциум опорных вузов ГК «Росатом»; входит в число вузов, заключивших меморандум о сотрудничестве с Фондом «Сколково». В число основных стратегических партнёров СПбГПУ, с которыми заключены договора о целевой подготовке выпускников и которые являются потребителями научно-инновационной продукции и наукоёмких услуг входят более 250 промышленных предприятий, ЦКБ, СКБ, КБ и научно-инновационных фирм высокотехнологических отраслей промышленности.

Россия, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29.

Тел./факс: +7 (812) 552 7395

E-mail: iafc@spbstu.ru

<http://www.spbstu.ru>

*Боровков А. И.
Бурдаков С. Ф.
Клявин О. И.
Мельникова М. П.
Пальмов В. А.
Силина Е. Н.*

СОВРЕМЕННОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Учебное пособие

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-9, т. 2; 95 3005 — учебная литература

Подписано в печать 27.12.2012. Формат 60×84 1/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 10,0. Тираж 100. Заказ 2964.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами,
в типографии Издательства Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 550-40-14.
Тел./факс: (812) 297-57-76.