

УЧЕБНЫЕ ЦЕНТРЫ В СИСТЕМЕ ЭЛИТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Ю.А. Чаплыгин, М.А. Королев



ЧАПЛЫГИН
Юрий Александрович

Член-корреспондент Российской академии наук, доктор технических наук, профессор. Ректор Московского института электронной техники с 1998 г. Ученый в области физики и технологии интегральных микросхем, сенсоров и микросистемной техники, нанотехнологии. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. Автор более 150 научных трудов.

Стремительное развитие научно-технического прогресса выдвигает повышенные требования к системе подготовки специалистов в высших учебных заведениях. Особенно актуальна эта задача для электроники, в том числе микроэлектроники – наиболее динамично развивающейся области науки и техники.

Как известно, в силу сложившихся обстоятельств отечественная микроэлектроника существенно отстает от передового мирового уровня,

прежде всего – в области технологий. Поэтому развитие данной отрасли в России в первую очередь зависит от ее интеллектуальной составляющей, т.е. от того, чем всегда славилась наша страна. Простые, стандартные подходы для нас заказаны – остаются только нетрадиционные пути. Но развивать их должны и нетривиальные специалисты, обладающие не только определенными способностями, но и нетривиальным образованием, более высокого уровня, чем традиционное образование. Такое образование называют **элитным**, поскольку из-за различных способностей, целеустремлен-



КОРОЛЕВ
Михаил
Александрович

Доктор технических наук, профессор. Действительный член Метрологической академии РФ, член-корреспондент Международной академии информатизации. Заслуженный деятель науки РФ. Декан факультета электроники и компьютерных технологий МИЭТа. Ученый в области физики и технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем; методологии высшего образования. Автор более 250 научных трудов, в том числе двух монографий.

ности, мотивации обучаемых, доступно оно не всем студентам (да и не всем вузам) вследствие необходимости иметь соответствующую материально-техническую базу и преподавателей высокой квалификации. Элитное образование как особая форма образования позволяет формировать кадры высококвалифицированных специалистов, благодаря которым человечество имеет впечатляющие успехи в микроэлектронике, информационных технологиях и других технических сферах, определяющих уровень развития современной цивилизации.

Особенно важна подготовка элитных специалистов-электронщиков в России для обеспечения конкурентоспособности отечественной микроэлектроники, в которой только нетривиальные прорывные направления развития позволят отечественной промышленности выйти на международный рынок. Однако для реализации этой идеи необходимы соответствующие высокообразованные элитные специалисты.

Концепция подготовки элитных специалистов не нова и действует во всем мире. Например, из нескольких сотен различных университетов и технических вузов США лишь Принстонский, Стэнфордский и Гарвардский университеты, Массачусетский и Калифорнийский технологические институты, да еще два-три вуза готовят элитных специалистов. В Европе элитную подготовку специалистов ведут Оксфорд, Кембридж в Великобритании и еще несколько университетов в крупнейших государствах континента. Из российских вузов к элитным во всем мире относят в первую очередь Московский физико-технический институт (МФТИ). Почему названные учебные заведения столь широко известны? Потому что очень многими успехами в науке и технике весь мир обязан выпускникам именно этих вузов. Они дают своим студентам элитное, нестандартное образование, которое, естественно, не укладывается в обычные нормы. История развития мировой науки и техники во многом связана с элитными специалистами. Поэтому сегодня элитному образованию уделяют осо-

бое внимание во всем мире, в том числе и в нашей стране. А для России в области микроэлектроники просто нет иного выхода, кроме как избрать этот путь.

Неудивительно, что многие крупнейшие вузы России, такие как МГТУ им Баумана, МАИ, МИФИ, МИЭТ и другие технические университеты, элитному образованию придают большое значение. В Московском институте электронной техники (МИЭТ), который расположен в Зеленограде – центре отечественной микроэлектроники, организация элитного технического образования является стратегическим направлением развития и отвечает интересам и студентов, и преподавателей.

Анализируя мировой опыт подготовки элитных научно-инженерных кадров, можно выделить следующие критерии, которым должна удовлетворять система их отбора и подготовки:

- первостепенная роль глубокого фундаментального образования;
- жесткий конкурсный отбор способных студентов в специализированные группы;
- наличие факультетов и учебных центров высокого уровня, имеющих суперсовременное техническое и программное обеспечение, соединенных в университете не только организационно, но и территориально;
- наличие специализированного учебно-методического комплекса для элитного технического образования;
- сильная мотивация студентов на получение элитного технического образования (именные стипендии, перспективы интересной высокооплачиваемой работы);
- сильная мотивация преподавателей к работе в системе элитного образования (создание научных школ, творческая педагогическая деятельность, высокая зарплата);
- тесный контакт с научными организациями и фирмами, испытывающими потребность в элитных специалистах;
- финансирование образовательной элитной программы.

Последний критерий особенно важен, поскольку элитное образование стоит больших денег – оборудование, программное обеспечение, заработная плата преподавателей, разработка новых курсов и т.д. Очевидно, что создать систему, удовлетворяющую данным критериям, непросто.

В Московском институте электронной техники на основных инженерных факультетах в той или иной мере уже несколько лет ведется элитная подготовка инженеров и научных работников. Так, например, на факультете «Электроника и компьютерные технологии» (ЭКТ), который до 1993 г. назывался физико-техническим факультетом, созданным почти 40 лет назад по образу и подобию МФТИ – то же сочетание глубокой фундаментальной подготовки и системы так называемых базовых кафедр на ведущих предприятиях микроэлектроники, игравших роль учебных специализированных центров, – внедрение современной системы элитного технического образования было с методической точки зрения естественным.

Однако в последние годы пришлось решить ряд проблем. Если с фундаментальным образованием на факультете все в порядке – есть и традиции, и преподаватели, то организовать современные учебно-научные центры и решить связанные с ними финансовые вопросы оказалось непросто. Существующая система бюджетного финансирования отечественной высшей школы проблему ни в коей мере не решает. Конечно, кафедры факультета (интегральной электроники и микросистем; проектирования и конструирования интегральных микросхем; квантовой физики и наноэлектроники; биомедицинских систем; кафедры общей физики и высшей математики) проводят активную научно-исследовательскую работу. Но потенциала самих кафедр, их технического оснащения явно недостаточно для организации дополнительного образовательного процесса хотя бы для одной учебной группы.

Поэтому на факультете ЭКТ сделали ставку на стратегическую заинтересованность ряда крупных зарубежных фирм в российском рынке

для своих продуктов, прежде всего – программных средств и технологий. Ведь, чтобы продвигать на российский рынок высокотехнологичный продукт, нужно готовить отечественных специалистов, владеющих данным продуктом. Данный путь избрали такие крупнейшие фирмы, как Cadence, Synopsys, Motorola и ряд др. В качестве партнера они остановились на МИЭТе как на наиболее подходящем вузе. В итоге, на факультете ЭКТ были организованы пять международных учебных центров, где по заказным программам готовят специалистов, способных работать с новейшими продуктами этих фирм.

Международные учебные центры были организованы на факультете в соответствии с договорами, заключенными с ведущими фирмами в области создания и использования программных продуктов для разработки и изготовления интегральных микросхем. При подготовке элитных специалистов центры использовались на различных этапах учебного процесса в виде различных форм обучения (таблица).

Одним из первых в МИЭТе международным учебным центром стал **Учебный центр компании Motorola**. Он был организован в 1997 г. в рамках программы усиленной подготовки одаренных студентов России, проводимой сектором полупроводниковых изделий Motorola. В центре отобранные по конкурсу студенты старших курсов (магистратура) проходят специальное обучение в области автоматизации проектирования интегральных схем. Им читают дополнительные курсы:

- специальные разделы теории топологического проектирования БИС;
- специальные разделы теории проектирования электрических цепей;
- основы проектирования межсоединений БИС.

В рамках этих учебных дисциплин проводят специальные лабораторные работы. Практику эти студенты проходят в московских и зеленogradских научно-исследовательских лабораториях фирмы Motorola, где они готовят свои магистерские диссертации, а затем, как правило, и работают.

Таблица

Формы обучения на факультете ЭКТ

Зарубежный партнер	Форма обучения	Курс обучения, лет	Число студентов	Количество спецдисциплин	Выпуск
Sinopsys (США)	Факультатив	4	15	2	Бакалавр, специалист, магистр
ASE AG (Швейцария)	Учебный план	4	25	3	То же
Unique IC's (Малайзия)	Заказные курсы	5	10	4	Специалист
Motorola (США)	То же	5-6	10	3	Магистр
Cadence (США)	Заказная система	5-6	20	24	То же

В соответствии с договором с МИЭТом фирма финансирует именные стипендии студентам и оплату преподавательского труда.

Учебный центр проектирования СБИС компании Unique IC's (Малайзия) организован за счет благотворительных фондов этой фирмы в целях выявления и усиленной подготовки способных студентов МИЭТа. Студенты пятого курса, отобранные по конкурсу, проходят практику в лабораториях российских филиалов фирмы, расположенных в Зеленограде. Там они участвуют в разработках IP-блоков и законченных устройств различного функционального назначения, таких как матричные и линейные КМОП – и ПЗС-фотоприемники с встроенными схемами обработки сигнала, высокоточные и быстродействующие АЦП и ЦАП, микроконтроллеры и микропроцессоры, схемы приема и обработки радиочастотного сигнала, схемы управления источниками питания. Студентам, которым выплачиваются фирмой именные стипендии, читают специальные курсы лекций:

- интегральная микросхемотехника;
- специальные главы проектирования аналоговых ИС;
- маршруты проектирования СБИС в САПР CADENCE;
- Verilog – язык САПР цифровых устройств.

Лабораторные работы проводят в компьютерном классе МИЭТ, техническое оснащение

и программное обеспечение для которого предоставила фирма Unique IC's. После окончания обучения практически все эти студенты принимаются на работу в зеленоградские дизайн-центры фирмы Unique IC's.

Учебный центр приборно-технологического моделирования швейцарской фирмы ISE AG – признанного лидера в данной области – обучает студентов работе с пакетом ISE TCAD физико-технологического моделирования структуры, электрических параметров и технологических процессов изготовления основных элементов СБИС. Пакет ISE TCAD позволяет моделировать все основные процессы твердотельной микроэлектроники, объединять их в маршруты, создавать разнообразные приборные структуры и анализировать их электрические и схемотехнические характеристики. Фирма поставила необходимое программное обеспечение и оказала помощь в организации учебного процесса в специализированном компьютерном классе. Занятия проходят в течение двух семестров четвертого курса и являются частью учебного плана. Студентам читают лекции по курсам:

- математическое моделирование технологических процессов;
- математическое моделирование полупроводниковых приборов и ИС;
- особенности моделирования в среде ISE TCAD.

Студенты, изучившие пакет ISE TCAD, применяют свои знания на пятом и шестом курсах при оптимизации технологических процессов и маршрутов изготовления СБИС и при проектировании микросхем.

Примечательно, что практически одновременно открыли в МИЭТе свои учебные центры две крупнейшие в мире компании-разработчики систем автоматизированного проектирования (САПР) СБИС – фирмы Synopsys и Cadence.

Образовательный центр Synopsys обучает студентов работать с программными продуктами этой компании. Фирма Synopsys поставила необходимую технику, программное обеспечение и оказала помощь в организации учебного процесса в специализированном компьютерном классе. Образовательный процесс проводится факультативно в течение двух семестров четвертого курса для группы студентов, отобранных по конкурсу. Студентам читают лекции по курсам:

- основы применения Verilog HDL для проектирования СБИС;
- основы логического синтеза СБИС средствами САПР SYNOPSYS.

В рамках этих курсов проводятся соответствующие лабораторные работы.

Еще дальше пошла компания Cadence, организовавшая **Институт проектирования приборов и систем Cadence-МИЭТ**. Центр был открыт в феврале 2002 г. в рамках соглашения между МИЭТом и фирмами Cadence и Mirantis (США). Следует отметить, что фирма Cadence поставила задачу не только обеспечить подготовку специалистов, но и создать комплексную образовательную систему, соответствующую мировому уровню. Для обеспечения учебного процесса компания предоставила 20 рабочих станций Sun ULTRA-10, мощный сервер Sun ULTRA-60, полную версию своего программного обеспечения для замкнутого цикла проектирования СБИС с топологическими нормами 0,13 мкм. Специалисты Cadence регулярно проводят специализированные тренинги для преподавателей. В группу магистров, которую готовит центр, можно попасть только

после жесткого тестирования на конкурсной основе. Студентам в течение двух лет читают 24 специальных курса с соответствующими лабораторными занятиями, они получают именные стипендии фирмы. Выпускники центра, кроме государственного диплома магистра, получают международный сертификат Cadence.

Но не только зарубежные компании открывают в МИЭТе свои образовательные центры. По этому пути идут и наиболее передовые высокотехнологические российские фирмы. Так, российская компания НТ-МДТ – известный во всем мире разработчик и производитель зондовых и туннельных микроскопов – для подготовки специалистов по направлению «Нанотехнология в электронике» в 1999 г. открыла в МИЭТе **учебно-научный центр «Зондовая микроскопия и нанотехнология»**, оснастив его своим оборудованием. В нем проводятся индивидуальные лабораторные работы на сканирующих туннельных микроскопах; стажировки аспирантов; научные исследования по зондовой микроскопии, зондовой нанотехнологии, по разработке и созданию квантовопроводных элементов нанoeлектроники; работы по созданию планарных нанотранзисторов на основе квантовых проводов.

Среди основных достижений центра – формирование в диэлектрической матрице квазиодномерных микроконтактов между зондом и подложкой, проявляющих квантовые свойства при комнатных температурах; создание макетов дискретных элементов нанoeлектроники на базе квазиодномерных нанопроводов на основе Ti-, Ta-, W- и Nb-пленок; получение атомного разрешения однослойных углеродных нанотрубок, их связок и ветвлений, а также создание на их основе макета транзистора.

Помимо перечисленных учебных центров на факультете ЭКТ действуют **учебно-научные центры и лаборатории факультетских кафедр**, в которых проводят исследования в наиболее современных и перспективных направлениях электроники, что также позволяет студентам получать элитное техническое образование.

В частности, **кафедра биомедицинских систем** работает в тесном сотрудничестве с институтами Российской академии медицинских наук (ВНИИ медицинского приборостроения, Институт медико-биологических проблем), с российскими фирмами, разрабатывающими и производящими новейшее медицинское оборудование (БИОСС, МКС) и т.д. На этой кафедре в 2002 г. был организован **учебно-научный центр «Компьютерная диагностика и визуализация»**. Его основные направления исследований – новые программные и технические средства медицинских информационных технологий; разработка методов, алгоритмов и программ визуализации, распознавания и анализа изображений, в том числе компьютерное моделирование задач томографического типа и развитие методов нейронно-сетевой обработки биомедицинских сигналов и изображений.

На основе научной группы *кафедры общей физики* была создана **лаборатория электронной микроскопии**, оснащенная уникальным для того времени оборудованием – просвечивающим (CM30) и растровым (SEM-515) электронными микроскопами компании Philips. Сегодня в этой лаборатории студенты кафедры физики и нанoeлектроники готовят свои бакалаврские и магистерские работы.

Для исследований в области высокотемпературной сверхпроводимости была основана **лаборатория сверхпроводниковой электроники**. Среди основных ее достижений – разработка процессов изготовления сверхпроводниковых материалов и структур (системы Y-Ba-Cu-O, Sr-Ca-Cu-O; тонкопленочные структуры $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x/\text{ZrO}_2(\text{Y})/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x/\text{SrTiO}_3$, Bi_1 , 7PbO, $4\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x/\text{MgO}$ и Bi_1 , 7PbO, $4\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x/\text{SrTiO}_3$), разработка и изготовление экспериментальных образцов микрополосковых СВЧ-резонаторов (добротность 2000 на

частоте 12 ГГц) и болометра (чувствительность 15 В/Вт, плотность шумов 5 нВ/Гц). Создан анализатор слабых магнитных полей (разрешение 10–8 Тл, диапазон частот – 0–100 МГц). Изготовленные в лаборатории тонкопленочные структуры Y- и Bi-систем прошли успешные испытания в ходе совместного российско-американского космического эксперимента MIDAS в центре НАСА и на борту МКС «Мир». К научным исследованиям, проводимым в этой лаборатории, привлекаются и студенты, успешно выполняющие дипломные проекты и магистерские диссертации по актуальной научной тематике.

Таким образом, опыт работы факультета ЭКТ МИЭТ показывает, что учебные центры, созданные при технической помощи зарубежных и отечественных фирм, а также привлечение научно-исследовательских лабораторий к учебному процессу, позволяют организовать в вузе элитную образовательную систему, удовлетворяющую мировым требованиям по подготовке кадров для самых современных областей науки и техники. Заинтересованность отечественных и зарубежных фирм в подготовке высококвалифицированных специалистов в области электроники для работы в России подтверждает и тот факт, что в торжествах, как по поводу открытия, так и в связи с первым выпуском студентов Института проектирования приборов и систем Cadence-МИЭТ участвовали первые лица заинтересованных министерств РФ и компании Cadence, ряд руководителей отечественных предприятий электроники, представительств зарубежных фирм, государственных органов. Показательно, что в последние годы практически все выпускники факультета ЭКТ, получившие элитное техническое образование, устроились на высокооплачиваемую работу по специальности в престижных электронных фирмах, расположенных на территории России.

От редакции

Публикуя статью Ю.А. Чаплыгина и М.А. Королева, редакция журнала приглашает ректоров, профессоров и преподавателей вузов, а также руководителей, сотрудников академических и отраслевых институтов и промышленных предприятий принять участие в обсуждении тематики элитного технического образования в России. Редакция готова опубликовать в последующих номерах журнала «Машиностроение и инженерное образование» присланные статьи и полученные отклики, полностью или в изложении.