электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Особенности организации учебного процесса по дисциплине «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий»

 # 04, апрель 2015

Боброва Ю. С.[1,*]

УДК: 372.862

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
[*]utd-utd@yandex.ru

Введение

В связи с вступлением России в Европейское образовательное пространство, потребовалось пересмотреть многие традиционно сложившиеся концептуальные представления о качестве учебного процесса и методах проектирования образовательных программ с целью их большей унификации, научной обоснованности и формализации. Всё это привело к тому, что были разработаны с позиции компетентностного подхода образовательные программы, соответствующие требованиям современных реалий. В технических ВУЗах, ориентированных, среди прочего, на подготовку специалистов в области микроэлектроники, производства печатных плат, приборостроения, появились такие дисциплины, как «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий», «Физико-химические основы технологии электронных средств», «Физико-химические основы электронных технологий», «Физико-химические основы нанотехнологий» и т.п.

Компетентностный подход [1-5] требует при преподавании данных дисциплин не простого наращивания уровня информированности студентов о типовых процессах микро- и нанотехнологий, но умения «синтезировать» новые технологические маршруты, ориентироваться в современных конструкционных материалах, подбирать материалы с требуемыми свойствами, а также умения выбирать экологически безопасный вариант их обработки. Из-за темпов технического прогресса всё это − часть непрерывного технического творчества инженеров-технологов, и студенты должны быть подготовлены к этому.

В рамках данной статьи автор будет ссылаться на опыт преподавания частей дисциплин «Физико-химические основы электронных технологий» и «Физико-химические основы нанотехнологий» на кафедре «Электронные технологии в машиностроении» (МТ 11), МГТУ им. Н. Э. Баумана бакалаврам 3-го года обучения, однако для простоты восприятия информации названия данных дисциплин будут объединены в одно − «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий».

Структура учебной дисциплины «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий» (рисунок 1) носит модульный характер. Она может несколько видоизменяться в зависимости от учёта требований основных работодателей к образованию выпускников кафедр, но в целом такая структура удовлетворяет основным запросам к квалификации инженера-технолога (III категории) производства микроэлектроники, печатных плат, приборостроения и т.п.



Рисунок 1 - Структура учебной дисциплины «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий» с указанием возможной последовательности изучения модулей

Для повышения эффективности усваивания студентами информации и приобретения необходимых умений и навыков при проработке каждой структурной единицы дисциплины автор рекомендует использовать различные приёмы педагогической техники, опираясь на основные принципы свободы выбора, открытости, деятельности, обратной связи и идеальности (высокого КПД) [6].

Первые шаги в освоении учебной дисциплины «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий»

Введение в дисциплину (модуль «Основные элементы конструкций изделий микроэлектронной и приборостроительной отраслей») начинается с ознакомления с основными типами продукции микроэлектроники, производства печатных плат и приборостроения. Для этого наиболее подходит формат *лекции-семинара* с использованием раздаточного материала с виде образцов изделий (макрообъектов), которые студенты передают в ходе занятия с первого ряда лекционной аудитории до последнего. При этом сразу следует оговорить правила работы с раздаточными материалами и назначить студента, ответственного за возвращение образцов на преподавательский стол.

Наибольшего погружения студентов в образовательный процесс на первом занятии позволяют достичь такие задания, как

1) письменное составление каждым студентом в течение строго установленного времени перечня электронных изделий, находящихся в аудитории;

2) рассмотрение типовых элементов электронного изделия с анализом конструкционных материалов, его образующих, а также формулирование основных требований к элементам изделия и материалам.

Выполнение первого задания приносит наилучшие результаты, когда студенты соревнуются не только между собой, но и с преподавателем. Так, наибольшая активность отдельных студентов, чьи списки электронных изделий, находящихся в аудитории, на 25-30% превышают по разнообразию список преподавателя, могут поощряться дополнительными баллами. В ходе выполнения такого задания получается установить контакт с аудиторией численностью до 35 человек, а также наглядно продемонстрировать актуальность дисциплины.

Выполнение второго задания привлекает внимание наибольшего количества студентов в случае, если в качестве рассматриваемого объекта выбрать ноутбук или смартфон одной из последних моделей. Формулируя совместно со студентами основные требования к наиболее значимым элементам конструкции и рассматривая варианты материалов, применимых в каждом случае, можно поэлементно дойти от деталей корпуса до интегральных схем, составляющих изделие.

При этом в аудитории, оснащённой компьютером и проектором, можно осуществлять on-line экспресс-исследования типовых элементов конструкции изделия при помощи недорогого цифрового USB-микроскопа с увеличением 250х-500х.

Модуль «Типовые конструкционные материалы и их свойства»

Основную информацию, формирующую наполнение модуля «Типовые конструкционные материалы и их свойства», рекомендуется давать студентам в формате *лекций* и *приложения к ним с основными 30-40 определениями свойств материалов*.

В качестве закрепления пройдённого материала студентам выдаётся домашнее задание, которое содержит название изделия и его фотографию (рисунок 2).

Основные цели домашнего задания заключаются в получении студентом системного представления о выборе конструкционных материалов для изделий электронной и микроэлектронной промышленности, в формировании навыков поисковой работы и аналитического чтения по тематике специальности, а также в получении навыков структурирования информации при написании краткого (не более 3 страниц) отчёта.

Таким образом, каждому студенту предлагается на примере одного из изделий (в соответствии с вариантом) ответить на ряд вопросов:

1) назначение изделия;

2) характеристики изделия, влияющие на выбор материалов и методов обработки;

3) укрупнённый маршрут (в виде блок-схемы) производства изделия;

4) выборочный разбор 4-5 технологических операций (в виде таблицы с указанием наименования операций, их описанием и перечислением расходных и конструкционных материалов, используемых на каждом этапе);

5) технологический анализ изделия с точки зрения выбора конструкционных материалов, входящих в его состав.

Вариант (соответствует номеру в журнале)	Наименование изделия	На примере
МТ11-51		
1	Микросхема в DIP-корпусе	 На примере любой микросхемы в DIP-корпусе
2	Память SRAM	 На примере DS1230YP-70IND+ или аналога

Рисунок 2 − Пример оформления задания на тему «Технологический анализ изделия и маршрут его изготовления»

Модули «Типовые процессы микро- и нанообработки» и «Физико-химические основы типовых процессов формирования покрытий и структур»

Разделение тем «Типовые процессы микро- и нанообработки» и «Физико-химические основы типовых процессов формирования покрытий и структур» на два отдельных модуля в данном случае формально и проявляется только на этапе контрольного тестирования студентов (два независимых теста по каждой из тем). Преподавание данных модулей следует осуществлять в формате *лекций*, с обязательным проведением *цикла лабораторных работ*.

Наибольшего эффекта в понимании студентами сути типовых технологических процессов и условий их протекания удаётся добиться включением в лекционный материал 2-5 минутных тематических видеороликов. Так, в свободном доступе (например, на видеохостинге YouTube) находятся видеоматериалы таких передовых зарубежных представителей, как Intel, Micron, IBM, Infineon, Qimonda, NXP, Philips, Toshiba, Semitool, EVG, Tezzaron, Lincoln Labs, RPI, IMEC, CEA-LETI, Fraunhofer IZM, Georgia Tech Research Institute и многих других.

Видеоматериал может носить иллюстративный характер, сопровождая речь лектора. Но также он может быть использован для вовлечения студентов в более активную работу с информацией: первый просмотр ролика сопровождается необходимыми комментариями преподавателя, после чего следует задание, которое выполняется при повторном запуске видеоролика и требует от студентов быстрого реагирования на видеоматериал. В качестве задания подходящими являются задачи по составлению перечней конструкционных или расходных материалов, блок-схем и технологических цепочек производства изделия/полуфабриката и проч., в зависимости от близости демонстрируемого видеоматериала тематике лекции.

Письменные опросы студентов, проводимые в 2013 и 2014 годах по результатам завершения автором статьи преподавания частей дисциплины «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий» показали максимальную заинтересованность студентов в повышении количества лабораторных занятий и разработке комплекса методических указаний для самостоятельной работы.

Так в 2013 году проводились 3 объёмные по времени лабораторные работы, после чего среди 33 студентов, давших свои рекомендации по улучшению качества преподавания дисциплины «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий» 16 студентов высказались за проведение большего количества лабораторных работ (рисунок 3).

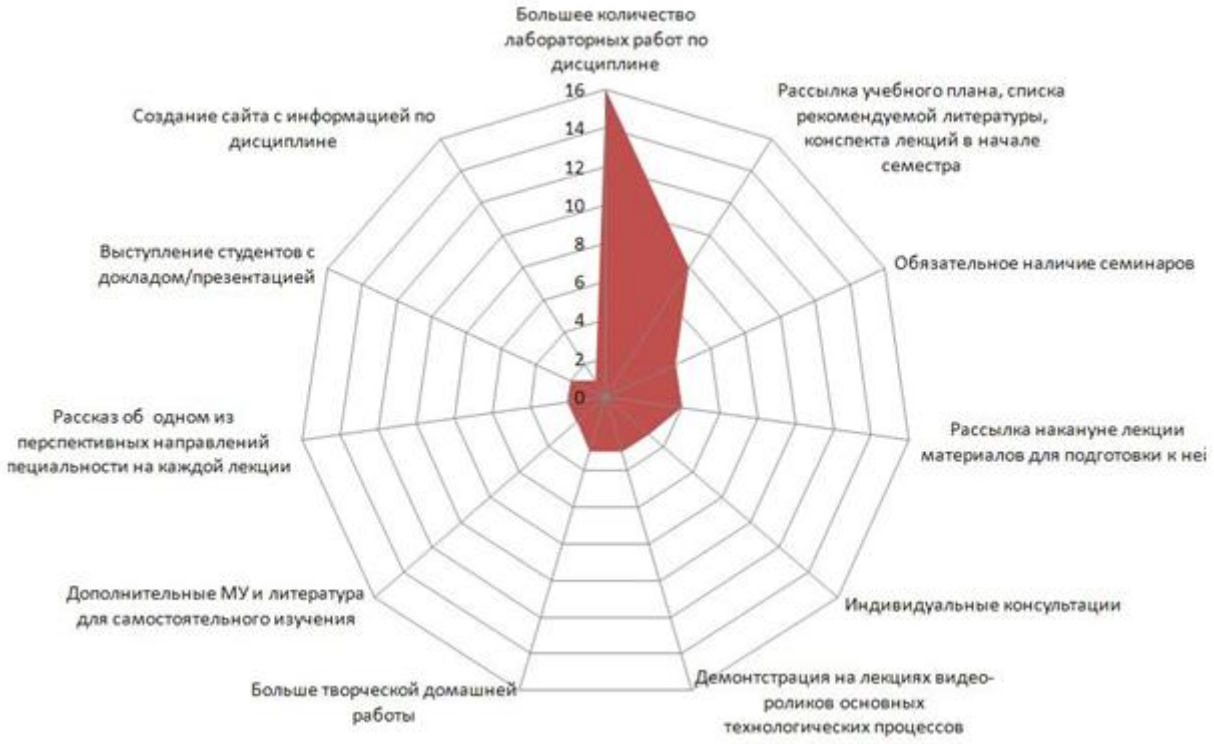


Рисунок 3 – Диаграмма результатов письменного опроса 33 студентов в 2013 г., где по радиальным осям отложено количество студентов давших рекомендацию

В 2014 году количество лабораторных работ было повышено до 5 менее объёмных по времени работ, после чего среди 28 студентов, давших свои рекомендации по улучшению качества преподавания дисциплины «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий» 9 студентов высказались за проведение большего количества лабораторных работ (рисунок 4).

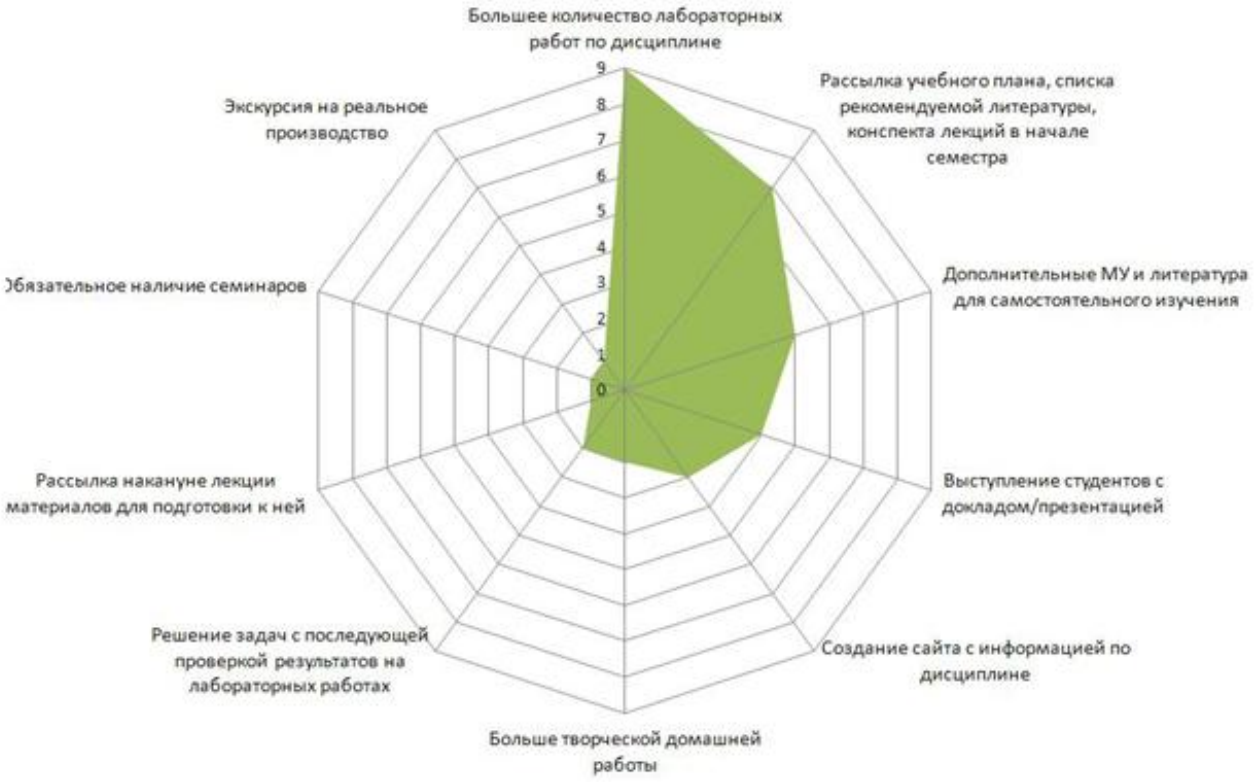


Рисунок 4 – Диаграмма результатов письменного опроса 28 студентов в 2014 г., где по радиальным осям отложено количество студентов давших рекомендацию

Обратная связь со студентами при формировании и апробации новых методик преподавания является основополагающей и может быть осуществлена посредством введения одного-двух вопросов в опросный лист основного тестирования при завершении очередного модуля дисциплины. Точно также лабораторные работы являются основополагающими для дисциплины «Физико-химические основы микро- и нанотехнологий». При их проведении рекомендуется уделять особое внимание месту исследуемых физико-химических процессов в типовых технологических маршрутах и добиваться осознания студентами фундаментальности первых и вариативности последних.

Модуль «Экологическая безопасность технологических процессов и её обеспечение»

Помимо освещения на лекциях и лабораторных работах общих требований индивидуальной безопасности при работе с химическими реагентами, необходимо уделять не ме-

нее *одной лекции-семинара* правилам промышленной безопасности производств, связанных с изготовлением микроэлектронных изделий, печатных плат и со сборкой электрорадио аппаратуры. На лекции могут быть затронуты вопросы регенерации растворов травления, утилизации рабочих газов и стоков, а также проведён сравнительный анализ вариантов выполнения технологических операций различными способами с точки зрения экологичности применяемых растворов и газов.

При тесном взаимодействии кафедры с определёнными производствами рекомендуется на примере одной-двух реальных технологий рассмотреть комплекс мер по обеспечению их экологической безопасности.

Все модули описанной дисциплины оцениваются при помощи тематических тестов с выбором варианта ответа. Но тестирование, как и организация лабораторных работ, является сложным вопросом, требующим освещения в отдельной статье.

Заключение

В ходе двухлетнего опыта преподавания частей дисциплин «Физико-химические основы электронных технологий» и «Физико-химические основы нанотехнологий» на кафедре «Электронные технологии в машиностроении» (МТ 11), МГТУ им. Н. Э. Баумана бакалаврам 3-го года обучения автором статьи были выработаны рекомендации по обеспечению профессиональной мотивации студентов и их вовлечению в процесс повышения качества преподавания дисциплины.

Среди основных форм преподавания дисциплины наибольшую эффективность показали лекции-семинары с аудиторным выполнением заданий и использованием видеоматериалов передовых фирм-производителей микроэлектроники и печатных плат, а также лабораторные работы, проводимые максимально близко по времени к соответствующим лекционным занятиям.

Также было отмечено, что самостоятельная работа студентов должна предусматривать её периодический контроль со стороны преподавателя и адресную рассылку по электронной почте напоминаний и дополнительных информационных материалов для выполнения ими нескольких ограниченных по объёму домашних заданий.

Отход от классического чтения лекционного материала в сторону совмещения лекций с семинарами, разбором результатов тестирования, групповой защитой лабораторных работ и домашних заданий приводит к развитию познавательной самостоятельности бакалавров, их вовлечению в образовательный процесс и повышению их профессиональной мотивации.

Список литературы

1. Компетентностный подход в образовании. Реферативный бюллетень РГГУ. 2005. 28 с.
2. Байденко В.И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические

и методические вопросы): Методическое пособие. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. 2005. 114 с.
3. Зимняя И.А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. Авторская версия. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. 2004. 42 с.
4. Татур Ю.Г. Компетентностный подход в описании результатов и проектировании стандартов высшего профессионального образования: Материалы ко второму заседанию методологического семинара. Авторская версия. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. 2004. 16 с.
5. Челпанов И.В. Компетентностный подход при разработке государственных образовательных стандартов высшего кораблестроительного образования: Материалы к седьмому заседанию методологического семинара 17 мая 2005 г. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. 2005. 97 с.
6. Гин А.А. Приемы педагогической техники: Свобода выбора. Открытость. Деятельность. Обратная связь. Идеальность: Пособие для учителя. 13-е изд. М.: Вита-Пресс. 2013. 112 с. С. 8-9.