Конструкторская подготовка на машиностроительных специальностях в МГТУ им. Н.Э. Баумана, содержание, проблемы и перспективы

03, март 2015

Зеленцов В. В.¹, Зеленцов В. В.^{1,*}

УДК: 378.18

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

[*victor_zelentsov@yahoo.com](mailto:victor_zelentsov@yahoo.com)

Конструкторская подготовка является важнейшей составляющей в обучении инженеров - разработчиков новой техники. Каждый инженер, независимо от специальности, должен уметь выразить инженерную идею, результаты расчетов или научных исследований в виде проекта совершенной конструкции.

Федеральные государственные образовательные стандарты требуют от специалистов по большинству машиностроительных специальностей быть готовыми к различным видам деятельности:

- проектно-конструкторской,
- научно-исследовательской,
- производственно-технологической,
- организационно-управленческой,
- экспериментальной,
- технико-эксплуатационной.

Таким образом, ФГОС сегодня ориентирует на подготовку инженеров широкого профиля, что соответствует модели подготовки в рамках русской школы инженеров, созданной в стенах Императорского высшего технического училища (ныне МГТУ им. Н.Э.Баумана).

В МГТУ им. Н.Э.Баумана сложились определенные учебно-методические традиции в воспитании инженеров широкого профиля, заключающиеся в органичном сочетании социально-гуманитарной, математической, естественнонаучной, общеинженерной и профильной подготовок. Конструкторская подготовка базируется на фундаментальной теоретической подготовке, разнообразной проектной подготовке в виде курсовых проектов и работ, производственных практиках различного вида и завершается дипломным проектированием.

Основой для определения содержания конструкторской подготовки является четкое представление об обязательных требованиях к инженеру-конструктору:

- уметь оформлять и читать конструкторскую документацию;
- знать нормативные документы (ЕСКД, ГОСТы, и т.п.);
- знать и уметь проектировать машиностроительные конструкции общего назначения;
- знать и уметь применять систему допусков и посадок, уметь рассчитывать размерные цепи;
- уметь правильно выбирать материал для изготовления элементов конструкций;
- уметь рассчитывать элементы конструкций на прочность, жесткость и т.п.;
- уметь выбирать рациональное конструктивное решение для поставленной задачи;
- уметь определять эффективность и надежность машин (проводить оценку);
- знать и уметь пользоваться справочной литературой и другими источниками справочной информации;
- знать и уметь применять при проектировании и конструировании информационные технологии. Уметь пользоваться компьютерами с периферийными устройствами, владеть основами САПР;
- уметь проводить патентные исследования;
- знать существующие конструкции машин по специальности и уметь проводить расчет их характеристик;
- знать технологию производства машин общего назначения и по специальности.

Эти требования в целом соответствуют компетенциям, приведенным в ФГОС по специальностям, но в более общем виде. Были рассмотрены ФГОС по специальностям: 160400 "Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов", 170100 "Боеприпасы и взрыватели", 170400 "Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие", 190110 "Транспортные средства специального назначения", 151701 "Проектирование технологических машин и комплексов". Например, одна из профессиональных компетенций в ФГОС по специальности 160400 - ПК-9 - "Способность проводить техническое проектирование изделий ракетной и ракетно-космической техники с использованием твердотельного компьютерного моделирования в соответствии с ЕСКД и на базе современных персональных компьютеров". Выполнение вышеприведенных требований обеспечивается соответствующим построением образовательной программы и в первую очередь комплексом дисциплин учебного плана.

Основой подготовки, естественно, являются дисциплины математического и естественнонаучного циклов. Следует отметить значение дисциплины "Информатика", формирующей знания и умения, необходимые для освоения впоследствии информационных технологий, применяемых в проектно-конструкторской деятельности. Преподавание дисциплины ведется на 1 и 2 семестрах, при общей трудоемкости согласно учебным планам 8 зачетных единиц, т.е. 288 часов, из них 136 аудиторных. Следует рекомендовать кафедре, читающей курс, согласовать свою программу с профилирующими кафедрами, так как

подготовленная ей программа рассчитана на трудоемкость 6 зачетных единиц, т.е. 206 часов, из них 136 аудиторных. Значительное увеличение трудоемкости в области самостоятельной работы может способствовать лучшему усвоению материала дисциплины студентами.

Конструкторская подготовка состоит из общей и специальной (по избранной специальности). На машиностроительных специальностях общая конструкторская подготовка базируется на дисциплинах, состав которых сформировался в результате многолетнего опыта подготовки инженеров в МГТУ им. Н.Э.Баумана. К ним относятся: "Инженерная графика", "Сопротивление материалов", "Материаловедение", "Метрология, стандартизация и сертификация", "Теория машин и механизмов" (ТММ), "Детали машин", "Технология конструкционных материалов" (ТКМ), "Системы автоматизированного проектирования"(САПР). Трудоемкость указанных дисциплин согласно ныне действующим учебным планам и планам, ранее действовавшим в МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальностям 160400, 170100, 170400, 190110 показана в таблице 1. Суммарное количество аудиторных часов практически не изменилось, но заметно уменьшилось в "Сопротивлении материалов", "Деталях машин" и ТКМ. Трудно сказать, насколько это обосновано, и чем руководствовались составители учебного плана, но этот вопрос нуждается в обсуждении и анализе.

Заметно возросла трудоемкость самостоятельной работы студентов, это вообще характерно для нового учебного плана: по многим дисциплинам отношение количества часов на самостоятельную работу к количеству часов на аудиторную больше единицы. Задачей является эффективная организация самостоятельной работы, что, к сожалению, как показывает рассмотрение программ, далеко не всегда имеет место.

Все дисциплины общеконструкторской подготовки в рассмотренных ФГОС внесены в базовый цикл профессиональной подготовки специалиста. Однако, во ФГОС нет однородия в рекомендуемой трудоемкости: по специальности 16040 профессиональная подготовка 145-155 единиц, базовый цикл - 92-98, 170400 - 180-190 и 130-140, 190110 - 130-140 и 95-100, 151701 - 155-104 и 107-112.

При существующей структуре некоторых специальностей (количество специализаций) обеспечение всех компетенций, предусмотренных ФГОС, невозможно и просто не нужно: 160400 - 28 специализаций, 170400 - 12 специализаций, 190110 - 3 специализации, 151701 - 22 специализации.

При организации подготовки в МГТУ им. Н.Э. Баумана, имеющем право обучения по собственным образовательным стандартам, и при подготовке по двум, трем специализациям возможно более четко очертить требования к компетенциям выпускников и добиваться их достижения.

Общая трудоемкость дисциплин (табл. 1) составляет 47-46 зачетных единиц, что равно 13% от общего объема подготовки.

Таблица 1. Трудоемкость дисциплин общеконструкторской подготовки

Дисциплина	Новый учебный план				Старый учебный план			
	Всего часов	Ауд.	КП	Семестр	Всего часов	Ауд.	КП	Семестр
Инженерная графика и начертательная геометрия	396	187	-	1-4	360	160	-	1-4
Сопромат	360	170	-	3-4	272	204	-	3-4
ТММ	144	68	72	4-5	102	68	51	4-5
Детали машин	144	68	108	5-6	166	102	102	5-6
Материаловедение	144	68	-	5	136	51	-	4 или 5
Метрология	108	51	-	4 или 5 или 6, 9	102	68	-	5 или 6
Технология конструкционных материалов	144	68	-	6	119	85	-	3 или 6
	108	51						
САПР	72	51	-	5	68	51	-	4 или 5 или 6, 10
Всего часов	1512	731	180		1325	769	153	
	1 476							

Наилучшего результата можно достигнуть только при согласованном расположении дисциплин в учебном плане и содержании программ дисциплин. В течение длительного периода в МГТУ им. Н.Э.Баумана при составлении учебного плана кафедры были обязаны придерживаться двух "сеток": машиностроительной и приборостроительной. Это означало, что учебный план по всем, например, машиностроительным специальностям первые три курса был практически одинаковым с небольшими отклонениями. При этом трудоемкость дисциплин и размещение по семестрам определялись в результате продолжительной научно-методической работы. Позднее в 90-е годы была введена третья "сетка" - мехатронная - для специальностей типа "робототехнические комплексы" и т.п. В результате, обеспечивалась фундаментальная и общеинженерная подготовка, на базе которых можно было обеспечивать высокий уровень квалификации выпускников по всем специальностям.

При подготовке ныне действующих учебных планов кафедры получили определенную свободу их формирования, в результате большинство (таблица 1) сохранили рациональное расположение дисциплин общеконструкторской подготовки. Одновременно была

необоснованно сокращена аудиторная нагрузка по таким важным предметам как "Детали машин", "Сопротивление материалов", "Метрология" и ТКМ при увеличении общей трудоемкости, т.е. часов на самостоятельную работу.

Рассмотрение содержания подготовки (программ дисциплин) показывает, что здесь имеется возможность совершенствования с целью повышения качества обучения.

В рамках дисциплины "Инженерная графика" студенты получают необходимые знания и навыки в области построения чертежей, требований к конструкторской документации. В течение четырех семестров они выполняют ряд практических заданий начиная от простейших геометрических построений на плоскости и заканчивая выполнением чертежа сборочной единицы и детализированием. При этом студенты специальности 160400 выполняют 17 часов лабораторных работ по разделу "Компьютерная графика", по специальностям 170100, 170400 и 190110 таких лабораторных работ нет. Отдельные профилирующие кафедры сами организуют изучение дисциплины "Компьютерная графика", обеспечивая студентам знания, умения и навыки в области двухмерного проектирования и твердотельного пространственного моделирования в пакете автоматизированного проектирования. Подобный опыт требует тщательного изучения и распространения.

Следует отметить, что необходимо стремиться к тому, чтобы компьютерная техника и известные информационные технологии постоянно использовались во всех дисциплинах при решении практических задач, выполнении курсовых проектов и т.п. Однако это применение должно быть организовано так, чтобы студенты сохраняли понимание физического смысла решаемых задач, могли объяснить взаимосвязь и взаимное влияние различных параметров, т.е. развивали свое инженерное мышление.

Большинство дисциплин общеконструкторской подготовки в целом выполняют свое предназначение, обеспечивая студентам овладение необходимыми компетенциями. Однако, на наш взгляд, есть резервы для повышения качества и совершенствования.

В программе дисциплины "Материаловедение" основное внимание уделено традиционным материалам, применяемым в машиностроении, необходимо расширить разделы, посвященные композиционным и другим новым материалам. Это особенно важно, так как это направление получило сегодня интенсивное развитие в МГТУ им. Н.Э. Баумана, что открывает широкие возможности использования в учебном процессе новых лабораторий.

Необходимо разместить дисциплину "Метрология" на 5 семестре так, чтобы знания в этой области были в полной мере использованы при выполнении курсового проекта по "Деталим машин". Для лучшего усвоения методики расчета размерных цепей необходимо проведение семинарских занятий.

При изучении "Технологии конструкционных материалов" следует уделять внимание не только традиционным технологиям, но и новым перспективам - аддитивным технологиям и технологиям композиционных материалов.

Трудоемкость дисциплины "Основы автоматизированного проектирования" следует увеличить, так как для обеспечения заложенных в программе знаний, умений и других качеств выделенного времени недостаточно.

Содержание подготовки по всем вышеперечисленным дисциплинам, а также ТММ, "Детали машин" и "Сопротивление материалов" нуждается в согласовании с профилирующими кафедрами с целью введения специальных разделов курсов или факультативных курсов. Возможность введения факультативных дисциплин, предусмотренных образовательными стандартами в объеме не более 10 зачетных единиц не используется большинством кафедр Университета.

Общеконструкторская подготовка завершается шестом семестре выполнением курсового проекта по "Деталим машин". Данный курсовой проект является первой творческой работой студентов, где они должны использовать знания и умения, полученные в предыдущей подготовке. Задача проекта - формирование у студентов навыков конструирования машин. В проектах, как правило, разрабатываются приводы различных машин с использованием распространенных типов деталей: передач зацеплением, передач трением, подшипниковых узлов, муфт, корпусных деталей и др. Студенты выполняют графическую часть проекта с использованием графических систем Autocad, "Компас", Solid Works и др.

Конструкторская подготовка студентов по специальности полностью определяется профилирующими кафедрами, базируется на общеконструкторской подготовке, дисциплинах профилирующего цикла, практиках, обеспечивается рядом курсовых проектов и работ и завершается дипломным проектом.

Профессиональная подготовка по специальности в действующих учебных планах, как правило, начинается с 4 семестра и включает базовую и вариативную части. Базовая часть обеспечивает общую подготовку по специальности: научные дисциплины специальности, теоретические основы проектирования, основы устройства специальных машин и установок. К научным дисциплинам, например, могут быть отнесены: механика сплошной среды (МСС), механика жидкости и газа (МЖГ), прикладная газовая динамика (ПГД), физика взрыва и удара (ФВУ). Теоретические основы проектирования обеспечивают студентам знания методик определения основных проектных параметров специальных машин. При изучении основ устройства машин студенты получают знания по конструкции элементов машин, компоновке, физическим принципам работы отдельных агрегатов и т.п.

В ряде случаев изучение научных дисциплин заканчивается выполнением курсовой работы (рис. 1), что обеспечивает приобретение навыков практического использования полученных знаний. Дисциплины теории проектирования заканчиваются выполнением курсового проекта.

Базовая подготовка (по специальности) практически осуществляется в рамках с 4 по 8 семестр, далее проходит подготовка по специальности с более глубокой проработкой различных дисциплин и выполнением курсовых проектов.

Так, например, по специальности 170400 на 11 семестре в соответствии со специализацией студенты выполняют проект "Разработка стрелково-пушечного вооружения" или "Проектирование ракетного оружия", по специальности 160400 - "Проектирование космического аппарата" или "Проектирование ракеты-носителя" и т.п.

Цель курсовых проектов по специальности - закрепить и углубить знания студентов по специальным дисциплинам, развить практические навыки конструирования, пользова-

Профилирующие кафедры самостоятельно формулируют требования к курсовым проектам и работам, накоплен богатый опыт осуществления этой важнейшей учебно-методической работы. Этот опыт нуждается в обобщении, критическом осмыслении и оформлении в виде университетского стандарта "Курсовой проект и курсовая работа", регламентирующего основные требования к выполнению этого вида работы с целью обеспечения высокого качества подготовки выпускников МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Важнейшее значение в процессе обучения студентов имеют различного вида практики. В ныне действующем учебном плане предусмотрено проведение шести практик за время обучения (табл. 2).

Таблица 2. Производственная практика

Курс	Спец. 160400	Спец. 170100, 170400	Спец. 190110
1	Учебно-технологический практикум	Учебно-технологический практикум	Учебно-технологический практикум
2	Ознакомительная	Учебно-конструкторская	Ознакомительная
3	Технологическая	Научно-исследовательская	Конструкторская
4	Конструкторско-технологическая	Конструкторско-технологическая	Эксплуатационная
5	Эксплуатационная	Эксплуатационная	Технологическая
6	Преддипломная	Преддипломная	Преддипломная

На первом курсе проводится учебно-технологический практикум (всего 40 часов), в процессе которого студенты знакомятся с технологией литейного производства, технологией обработки металлов давлением и технологией сварочного производства. Здесь имеет место практическое освоение отдельных приемов вышеуказанных технологий, но в основном, студенты выступают в роли наблюдателей.

Практика после второго курса на профилирующих кафедрах организована различным способом. Здесь еще идет наработка опыта, так как подобная практика проводится только в течение последних 2-х лет. Очевидно, при всем разнообразии подходов, она может быть использована для целенаправленного изучения конструкции спецмашин на базе лабораторий, расположенных в Дмитровском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана, на базовых предприятиях кафедр или для освоения студентами информационных технологий в процессе работы в вычислительных лабораториях кафедр.

Практики на 3, 4, 5 и 6 курсах основаны на многолетних традициях, хорошо отработаны и проводятся на ведущих предприятиях, в Дмитровском филиале, в структурных подразделениях МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИИСМ, НПЦ СМ, НПЦ СТ) и на кафедрах. В

том случае, если студент работает на предприятии, можно допустить прохождение практики по месту работы. Во всех случаях главным требованием является обеспечение выполнения программы практики. Главным недостатком проведения практик сегодня можно считать то, что студенты мало занимаются реальной деятельностью, а в основном участвуют в экскурсиях, знакомятся с документацией и собирают материал на курсовой или дипломный проект.

Дипломный проект одновременно является аттестационной работой и завершающим этапом обучения студентов. Целью дипломного проекта является:

- закрепление и развитие у студентов навыков решения комплекса инженерных задач;
- создание условий для применения знаний, умений и навыков, полученных при обучении;
- проведение заключительной аттестации студента на предмет готовности к самостоятельной инженерной деятельности.

В отдельных случаях, когда студент участвует в проведении НИР, допускается выполнение дипломной работы без конструкторской разработки.

Дипломные проекты выполняются на предприятиях или в МГТУ им.Н.Э. Баумана, на кафедре или в научных подразделениях (НИИ, НПЦ, НОЦ и т.п.). Содержание дипломного проекта должно соответствовать специальности, по которой студент проходит обучение.

Необходимо стремиться к тому, чтобы в дипломных проектах решались реальные задачи, отвечающие основным направлениям развития соответствующего вида техники.

Наилучших результатов в области конструкторской подготовки можно добиться в том случае, когда студенческие разработки находят воплощение в образцах техники или в моделях и макетах, выполненных самими студентами.

Одной из особенностей «русского метода подготовки инженеров» является совмещение теории и практики в процессе обучения. К сожалению, эта связь зачастую теряется при выполнении студентами курсовых и дипломных проектов в настоящее время: студент не видит и не ощущает физически результата проделанной работы. Широкое распространение технологий быстрого прототипирования позволяет решить эту проблему и существенно повысить качество конструкторской подготовки. Например, при проектировании деталей, узлов и механизмов с использованием современных САПР возможно оперативное изготовление механически действующего макета спроектированного изделия с помощью 3D-печати и проверка его в действии, что позволяет ввести в процесс обучения дополнительную обратную связь и наглядно проследить достоинства и недостатки примененных в проекте конструкторских решений.

Положительный опыт применения подобного подхода к выполнению студентами проектов имеется у зарубежных ВУЗов, сотрудничающих с МГТУ им. Н.Э.Баумана. В Федеральном Политехническом Университете Лозанны при факультетах организованы производственные участки, оснащенные 3D принтерами, станками с ЧПУ, устройствами

лазерной резки и гравировки и т.д. Университет также обладает мощностями для оперативного изготовления печатных плат. Студенты, выполняющие курсовые проекты, связанные с проводимыми подразделениями университета НИР имеют возможность изготовления макетных образцов разработанных в рамках проекта изделий по согласованию с руководителем проекта. Таким образом создаются макетные образцы различной сложности от простых компоновочных макетов сверхмалых космических аппаратов до действующих прототипов робототехнических систем.

В университете Райса (Хьюстон, США) организована «Кухня разработчика», представляющая собой отдельный корпус с учебными аудиториями, вычислительной лабораторией, комнатами для совещаний и телеконференций, мастерскими и химической лабораторией с соответствующим штатом преподавателей и учебно-вспомогательного персонала. «Кухня» оснащена 3D принтерами, устройствами лазерной резки и гравировки, парком металло- и деревообрабатывающих станков, средствами разработки, сборки и проверки электронных устройств, большим количеством различного ручного инструмента. На базе «кухни» реализуются коллективные студенческие проекты, заканчивающиеся созданием действующего прототипа проектируемого изделия, кроме этого к ряду средств прототипирования имеют доступ и студенты университета, не занятые в проектах.

Центры прототипирования организованы в ряде российских вузов, например МГТУ МАМИ, ВШЭ/МАТИ, КнАГТУ, университете «Дубна». Кроме этого имеется положительный опыт организации производственных лабораторий «Фаблаб» с аналогичными задачами в МИСиС и СПбГПУ.

В МГТУ им. Н.Э.Баумана существует опыт выполнения студенческих научно-исследовательских проектов, в результате которых создаются макеты или действующие образцы проектируемых изделий на ряде кафедр а также в УНМЦ «Гидронавтика», УНМКЦ, команде «Формула Студент» МГТУ им. Н.Э.Баумана, однако данные проекты носят единичный характер и в большей своей части выполняются студентами в инициативном порядке. В университете имеется некоторое количество оборудования для быстрого прототипирования, как правило это оборудование начального уровня, находящееся в распоряжении отдельных подразделений. Мощности Экспериментально-опытного завода МГТУ им. Н.Э.Баумана в рамках студенческих учебных проектов практически не используются.

Учитывая опыт иностранных и российских технических вузов, видится целесообразной организация при факультетах, осуществляющих конструкторскую подготовку, центров или лабораторий прототипирования, оснащенных профессиональным оборудованием для 3D печати, малогабаритными станками с ЧПУ, устройствами лазерной резки и гравировки, оборудованием для изготовления печатных плат и сборки электронных устройств, ручным инструментом и рабочими местами для студентов. Целесообразно также расширить доступ студентов к производственным мощностям ЭОЗ для их использования в целях реализации своих учебных проектов. Данные мероприятия позволят повысить качество выполнения учебных проектов по конструкторским дисциплинам, повысить мотива-

цию студентов к обучению и в более полной мере использовать принципы «русского метода подготовки инженеров».

Подводя итоги вышеизложенному, следует отметить, что существуют следующие возможности повышения качества конструкторской подготовки в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

1. Используя опыт работы по действующим учебным планам, необходимо провести их корректировку с целью обеспечения методически рационального расположения дисциплин.
2. Провести экспертизу и корректировку программ дисциплин для адаптации их содержания к требованиям профилирующих кафедр. При этом необходимо использовать возможности создания факультативных курсов и дисциплин по выбору студентов, что предусмотрено ФГОС и университетскими стандартами.
3. Пересмотреть отношение к самостоятельной работе студентов, максимально использовать ее для выполнения студентами реальной и конкретной работы.
4. При проведении производственных практик обеспечить участие студентов в производственной деятельности предприятий с целью приобретения практического опыта.
5. Решить вопрос по организации при факультетах производственных центров и лабораторий, представляющих студентам возможность практически реализовывать свои разработки.
6. Организовать стажировку преподавателей на ведущих предприятиях с целью ознакомления с современным состоянием проектирования и конструкциями машин.
7. Организовать постоянно действующие методические семинары с целью обобщения опыта учебно-методической работы отдельных кафедр и внедрения его на других кафедрах.

Список литературы

1. Бобков Е.И., Кунаев И.П. Подготовка инженеров в Московском высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана / под редакцией Е.И. Бобкова, И.П. Кунаева. М: Высшая школа, 1983. 200 с.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 160400 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (квалификация (степень) «специалист»). / Утв.: Приказом Минобрнауки России от 24 января 2011 г. N 82. / Вст. в силу: 30 июня 2011 г. 69 с.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 170100 Боеприпасы и взрыватели (квалификация (степень) «специалист»). / Утв.: Приказом Минобрнауки России от 30 августа 2011 г. N 2241. / Вст. в силу: 26 января 2012 г. 53 с.

4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 170400 Стрелково-пушечное и ракетное оружие (квалификация (степень) «специалист»). / Утв.: Приказом Минобрнауки России от 17 января 2011 г. N 51. / Вст. в силу: 29.07.2011. 48 с.
5. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 190110 Транспортные средства специального назначения (квалификация (степень) «специалист»). / Утв.: Приказом Минобрнауки России от 24 декабря 2010 г. N 2076. / Вст. в силу: 29.07.2011. 51 с.
6. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 151701 Проектирование технологических машин и комплексов (квалификация (степень) «специалист») / Утв.: Приказом Минобрнауки России от 24.12.2010 № 2078. / Вст. в силу: 29.07.2011. 25 с.