

УДК 378.141.214

**Опыт разработки образовательной программы бакалавриата
"Прикладная математика" в соответствии с требованиями стандарта
CDIO**

Белов А.В., Серова А.В.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа
экономики»

Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, 20, 101000

E-mail: avbelov@hse.ru

Аннотация

В статье представлен подход к проектированию образовательной программы бакалавриата по направлению «Прикладная математика», основанный на использовании международных стандартов инженерного образования.

Ключевые слова: инженерное образование, прикладная математика, CDIO, результаты обучения, проектирование, образовательная программа

В связи с принятием нового Закона РФ об образовании при проектировании образовательных программ (ОП) нового поколения должны максимально учитываться требования работодателей к уровню квалификации будущих выпускников вузов. Особенно важным это становится для ОП, связанных с инженерной подготовкой, ввиду дефицита специалистов в области применения математических методов к решению широкого спектра инженерных задач. Именно это обстоятельство обусловило необходимость разработки образовательной программы бакалавриата по направлению «Прикладная математика», построенной в соответствии с требованиями международных стандартов инженерной подготовки, а также растущими потребностями современных высокотехнологичных предприятий наукоемких отраслей промышленности.

При разработке такой программы Московский институт электроники и математики, вошедший в 2012 году в состав НИУ ВШЭ, старался максимально учесть положительный опыт, накопленный за время существования УМО по прикладной математике и управлению качеством (организатором которого являлся) в части разработки государственных стандартов по специальности «Прикладная математика».

Наряду с основными компетентностными результатами освоения программы, заявленными в образовательном стандарте, для ОП

«Прикладная математика» были определены желаемые цели обучения (в числе которых были, например, формирование базы знаний и умений, позволяющей бакалавру продолжать обучение и формировать компетенции, требуемые для профессиональной деятельности в области прикладной математики; развитие аналитических умений, способности к поиску нестандартных решений, к работе в условиях неопределенности и риска).

В соответствии с объявленными целями ОП должна быть ориентирована на подготовку кадров, обеспечивающих инновационное развитие и модернизацию перспективных отраслей науки и техники во всех сферах производственной, хозяйственной, экономической, социальной, аналитической, управленческой деятельности за счет использования современных математических методов и алгоритмов, реализованных в виде наукоемкого программного обеспечения и новых информационных технологий.

Анализ федеральных государственных образовательных стандартов и требований международных стандартов ISO 9001:2008, Европейских стандартов и руководств для обеспечения качества высшего образования (ESG, Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area) в рамках Болонского процесса, а также национальных и международных критериев качества образовательных программ (Ассоциации инженерного образования России, согласованных с EUR-ACE Framework Standards for Accreditation of Engineering Programmes, ABET, CDIO Standards, Washington Accord [1,2,3,4], позволил сформулировать основные результаты обучения (РО), получаемые выпускниками бакалавриата. Результаты обучения были объединены в 6 разделов: «Знание и понимание», «Инженерный анализ», «Инженерное проектирование», «Исследования», «Инженерная практика», «Личностные навыки».

В соответствии со стандартами CDIO [3] разработанные результаты обучения прошли экспертизу у ключевых работодателей¹.

Мнение работодателей можно резюмировать следующим образом: во-первых, большое значение для работодателей имеет прикладной аспект образования (с одной стороны, знание прикладных программ отмечается как плюс текущей подготовки; с другой стороны, высказывается пожелание сделать больший акцент на обучении работе с прикладным ПО); во-вторых, работодатели подчеркивают важность базовой

¹ Для выпускников ОП «Прикладная математика» МИЭМ НИУ ВШЭ традиционно такими работодателями являются научные учреждения РАН, исследовательские институты и лаборатории, крупные ИТ-интеграторы (разработка, ИТ-консалтинг, внедрение программно-аппаратных решений для различных отраслей), специализированные ИТ-компании (компании «одного продукта/услуги»), ИТ-подразделения отраслевых компаний и государственных организаций.

теоретической подготовки и общей заинтересованности студента в работе. Таким образом, по мнению работодателей, образовательный процесс должен органично способствовать развитию как специализированных практических компетенций, так и теоретических знаний. Итогом проведенной экспертизы предложенных результатов обучения работодателями стал список из 20 конкретных результатов обучения. При их формулировке обращалось большое внимание на то, как связан результат с заявленными ранее целями (например, знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин и *их применение при разработке математических моделей и методов* для объектов, процессов и систем в инженерной практике).

Наиболее эффективным средством верификации разработанных результатов обучения является опрос руководителей практик, ежегодно проводимый Центром внутреннего мониторинга НИУ ВШЭ. Основным инструментарием опроса является анкета для представителей предприятия-работодателя. В качестве вопросов анкеты использовались как типовые вопросы [5], так и компетенции, ассоциированные с разработанными результатами обучения, а также открытые вопросы, при ответе на которые руководители могут в свободной форме описать сильные, слабые стороны студентов, проходящих практику, а также высказать свои соображения относительно процесса обучения, читаемых дисциплин и рекомендаций по подготовке студентов к рынку труда. Результаты проведенных опросов подтвердили актуальность и значимость предложенных компетенций.

Следующим шагом проектирования ОП стало построение матрицы соответствия разработанных РО планируемым в составе ОП дисциплинам; при этом «вклад» дисциплины в соответствующий РО оценивался в зачетных единицах. Пример матрицы соответствия приведен в Таблице 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Блок физико-математических дисциплин	*			*	*	*	*			*		*	*							*
Блок компьютерных наук				*	*			*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	
Блок социально-гуманитарных дисциплин, включая		*	*							*								*	*	

иностранны й язык																				
Блок проектной работы (практики, проектный семинар, ИГА и т.п)	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Таблица 2. Матрица соответствия дисциплин результатам обучения

Матрица соответствия формируется разработчиками ОП и проходит экспертизу профильных специалистов.

Затем была определена трудоемкость каждого из результатов обучения. Результатом этого шага стала таблица трудоемкости результатов обучения, приведенная ниже.

№	Результаты	«Вес» в зачетных единицах
1	Знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин и их применение при разработке математических моделей и методов для объектов, процессов и систем в инженерной практике	60
12	Умение обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательской задачи математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализ и интерпретацию результатов. умение оценить надежность и качество функционирования систем	18
6	Способность сформулировать инженерную задачу, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и проведенного системного анализа	16
2	Понимание и анализ социально-значимых проблем и процессов современного общества, формирующих состав профессиональных задач, а также определяющих последствия решения	15

	этих задач для общества	
8	Способность проектировать и разрабатывать компоненты программного обеспечения на основе современных парадигм, технологий и языков программирования	14
19	Способность к самообучению и повышению профессиональной квалификации	12
5	Способность проводить системный анализ сложных производственно-хозяйственных, технических и др. процессов, в том числе в условиях неопределенности и риска	11
7	Способность анализировать разрабатываемые технические решения на основе их интерпретации и оценки возможных вариантов	10

Таблица 2. Таблица трудоемкости РО

Таблица 2 позволяет определить, какие из РО требуют больше усилий и времени, иными словами – являются приоритетными при достижении целей образовательной программы. В частности, для ОП «Прикладная математика» три первых позиции заняли РО 1. «Знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин и их применение при разработке математических моделей и методов для объектов, процессов и систем в инженерной практике» (трудоемкость 60 ЗЕ из 240), РО 2. «Умение обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательской задачи математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализ и интерпретацию результатов. умение оценить надежность и качество функционирования систем» (трудоемкость 18 ЗЕ из 240) и РО 3. «Способность сформулировать инженерную задачу, формализовав ее на основе знаний математического аппарата и проведенного системного анализа» (трудоемкость 16 ЗЕ из 240). Заключительным этапом проектирования ОП является формирование новой структуры Программы. На этом этапе в соответствии с таблицей трудоемкости формируется трудоемкость блоков дисциплин, входящих в состав ОП. Результатом этого этапа стала следующая структура ОП, состоящая из 4 содержательных блоков: блок физико-математических дисциплин – 80 з.е.; блок компьютерных наук – 60 з.е.; блок социально-гуманитарных дисциплин, включая иностранный язык – 50 з.е.; блок проектной работы (практики, проектный семинар и т.п) – 50 з.е. Особенностью предложенного подхода к проектированию ОП является:

- ориентация при разработке, реализации и оценке образовательной программы на компетенции выпускников как результата обучения;
- использование кредитной системы ECTS (зачетные единицы) для оценки компетенций, а также дидактических единиц программы, обеспечивающих их достижение,
- учет требований международных стандартов [6].

В заключение необходимо отметить, что описанный подход к проектированию образовательной программы разрабатывался в рамках международного проекта «Модернизация бакалавриата в области техники и технологий на основе международных стандартов инженерного образования» и был использован при создании модели бакалаврской подготовки по направлению «Прикладная математика» на факультете Прикладной математики и кибернетики МИЭМ НИУ ВШЭ.

Литература

1. EUR-ACE® system [Electronic resource] // ENAEE: Europ. network for accreditation of eng. education: offic. site. – URL: <http://www.enaee.eu/eur-ace-system>, free.
2. ABET Accreditation Policy and Procedure manual [Electronic resource] // ABET: the offic. site. – URL: <http://www.abet.org/vision-mission/>, free.
3. CDIO [Electronic resource] // CDIO: offic. site. – URL: <http://www.cdio.org/knowledge-library>
4. International Engineering Alliance / Washington Accord [Electronic resource]: offic. site. – URL: <http://www.washingtonaccord.org/>
5. Чучалин А.И. Компетенции выпускников инженерных программ: национальные и международные стандарты / А.И. Чучалин, С.И. Герасимов // Высш. образование в России. – 2012. – № 10. – С. 3–14.
6. Белов А.В., Серова А.В. Проектирование модели образовательной программы бакалавриата «Прикладная математика» на основе международных стандартов инженерного образования. // В кн.: Уровневая подготовка специалистов: электронное обучение и открытые образовательные ресурсы: сборник трудов I Всероссийской научно-методической конференции; Томский политехнический университет. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2014. С. 390-392