

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. Ломоносова**

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

**IX Международная
научно-практическая конференция**

**Современные
информационные технологии
и ИТ-образование**

СБОРНИК ИЗБРАННЫХ ТРУДОВ

**Под редакцией
проф. В.А. Сухомлина**

**Москва
2014**

УДК [004:377/378](063)
ББК 74.5(0)я431+74.6(0)я431+32.81(0)я431
С 56



*Издание осуществлено при финансовой
поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований
(проект № 14-07-20401 з)*

Печатается по решению редакционно-издательского отдела факультета
Вычислительной математики и кибернетики Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова

Рецензенты:

профессор, д.ф.-м.н. А. Н. Томилин
профессор, д.ф.-м.н. Л. А. Калиниченко

С56

Современные информационные технологии и ИТ-образование /
Сборник избранных трудов IX Международной научно-практической
конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2014. - 957 с. -
978-5-9556-0165-6

В сборник трудов включены доклады IX Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», прошедшей в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Целью конференции являлась интеграция усилий университетов, науки, индустрии и бизнеса в развитии национальной системы ИТ-образования. Материалы сборника предназначены для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, интересующихся проблемами ИТ-образования, теоретическими, методическими и прикладными вопросами в области информационных технологий.

Издание сборника поддержано Фондом содействия развитию интернет-медиа, ИТ-образования, человеческого потенциала «Лига интернет-медиа».

УДК [004:377/378](063)
ББК 74.5(0)я431+74.6(0)я431+32.81(0)я431

© Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова

978-5-9556-0165-6

Захарова И.В.¹, Кузенков О.А.², Солдатенко И.С.³

¹Тверской государственной университет, г. Тверь, к.ф.-м.н., доцент кафедры математической статистики и системного анализа, zakhar_iv@mail.ru

²Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, к.ф.-м.н., доцент кафедры численного и функционального анализа, kuzenkov_o@mail.ru

³Тверской государственной университет, г. Тверь, к.ф.-м.н., доцент кафедры информационных технологий, soldis@tversu.ru

Проект MetaMath программы Темпус: применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Математика, инженерное образование, математическая компетенция, математическая подготовка, система электронного обучения, программа Темпус.

АННОТАЦИЯ

Описываются причины возникновения, задачи, а также ход выполнения проекта MetaMath программы Темпус, целью которого является применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах. Одна из целей проекта – проведение сравнительного анализа квалификационных рамок, предлагаемых Европейским обществом инженерного образования SEFI, а также лучших практик преподавания математических дисциплин в европейских и российских вузах. Рассказывается о примере участия в проекте Нижегородского государственного университета.

Рекомендации по обучению математике SEFI

В 1973 году было создано Европейское общество инженерного образования (European Society for Engineering Education, SEFI) [1-2]. Целью создания данной организации явилось содействие развитию и совершенствованию высшего инженерного образования в Европе, укрепление позиций специалистов-инженеров в обществе, содействие распространению информации об инженерном образовании, улучшению связи между преподавателями, учеными и студентами. SEFI – крупнейшая сеть институтов высшего инженерного образования (HEIs) и педагогов Европы.

Будучи организацией, состоящей из вузов, преподавателей, студентов, ассоциаций и компаний, SEFI объединяет более 1 миллиона студентов и 158 000 академических сотрудников в 48 странах. Для выполнения своей миссии и целей организация реализует различные мероприятия, такие как ежегодные конференции, специальные семинары, тематические практикумы, организует конкретные мероприятия по инженерной тематике с руководством высших учебных заведений, публикуется в Европейском журнале инженерного образования, участвует в европейских проектах, сотрудничает со многими крупными европейскими и международными объединениями и международными органами. Кроме того, SEFI также участвовал в создании инженерных организаций и сетей, таких как ENAEE, IFEEES, Euro-Pace, IACEE, а совсем недавно – и Европейского Совета деканов инженерных факультетов.

По мнению рабочей группы инженерного сообщества, математика является неотъемлемой частью инженерной подготовки. Основная цель работы SEFI – помощь тем, кто создает конкретные квалификационные рамки обучения математике для своих программ подготовки инженеров. В 1992 году вышел первый выпуск рекомендаций SEFI, который содержал полный перечень тем, которые необходимо изучать будущим инженерам на разных ступенях обучения. В 2002 году было опубликовано второе издание, которое привнесло в документ новую идею, а именно, был сформулирован детальный и структурированный перечень результатов обучения (*learning outcomes*). В течение последнего десятилетия рабочей группой SEFI обсуждалась тематика, цели и задачи обучения инженеров высокого уровня, а также необходимые результаты обучения. Итогом этого обсуждения стало опубликование третьего издания документа под названием «*A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education*» в 2013 году. Последняя редакция документа устанавливает квалификационные рамки для учебных планов математических дисциплин, содержит уровни и цели обучения, разделы о преподавании математики, формах оценивания, описание результатов обучения.

Математическая компетенция, с точки зрения разработчиков SEFI, означает способность к пониманию, суждению, применению математики в различных внутренних и внешних математических контекстах и ситуациях, в которых математика играет или может играть роль [3, стр. 6-7]. Эта компетенция включает в себя 8 составляющих, которые представлены на Рис. 1.

Эти компетенции перекрываются, т.е. аспекты одной компетенции могут быть необходимы и в другой, но, так как они подчеркивают различные нюансы, их разделяют. При этом 8 компетенций подразделяются на 2 группы. Первая группа (*thinking mathematically, reasoning mathematically, posing and solving mathematical problems, modelling mathematically*) отвечает за способность задавать и отвечать на вопросы внутри математики и связанные с математикой, в то время, как вторая

группа (representing mathematical entities, handling mathematical symbols and formalism, communicating in, with, and about mathematics, making use of aids and tools) соотносится со способностью владеть и управлять математическим языком и инструментами.

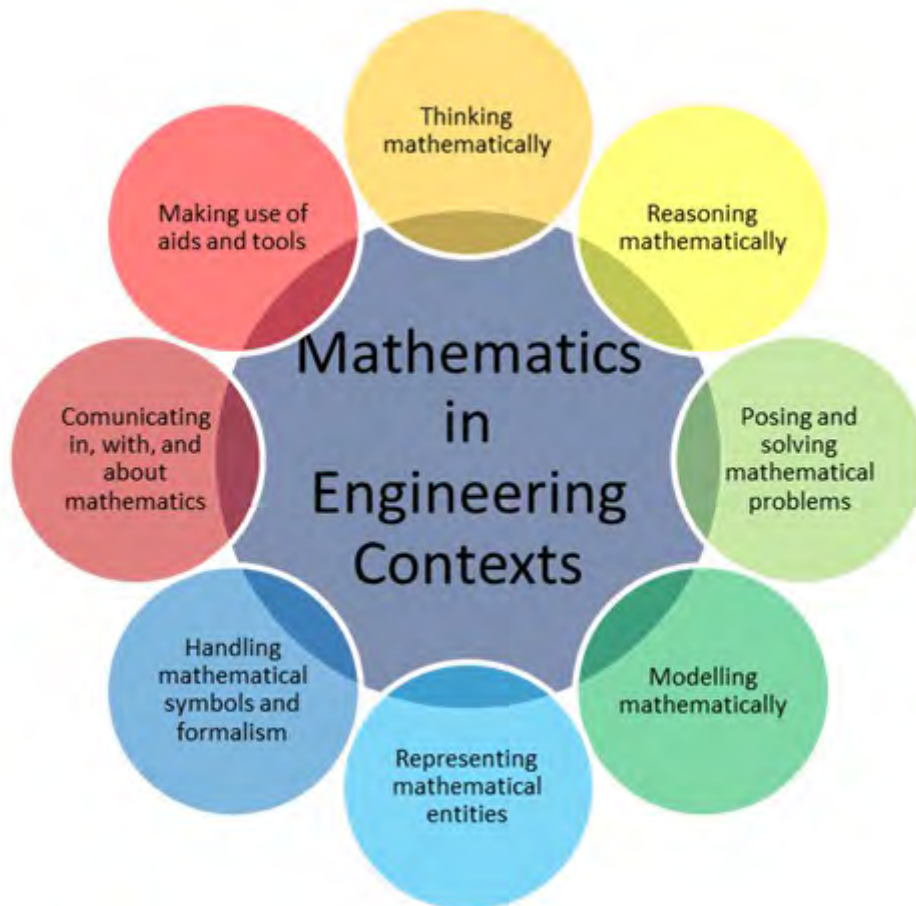


Рис.1. Составляющие математической компетенции согласно SEFI

Результаты обучения представлены в виде структуры, имеющей 4 уровня (Рис. 2). Эти уровни представляют собой попытку изобразить иерархически процесс изучения математики для инженерных направлений подготовки. Нулевой уровень (Core Zero) означает наличие предварительных необходимых знаний, умений и навыков, которыми должен обладать студент до момента начала обучения по инженерной программе. Этот уровень содержит материал, который образует прочную платформу, на которой строится изучение математических курсов для инженерных направлений в университетах и высших школах, и допускаются лишь незначительные упрощения в знании и понимании материала указанного уровня. Данный материал сгруппирован по пяти дисциплинам:

- алгебра;
- математический анализ и исчисления;
- дискретная математика;
- геометрия и тригонометрия;

- статистика и теория вероятностей.

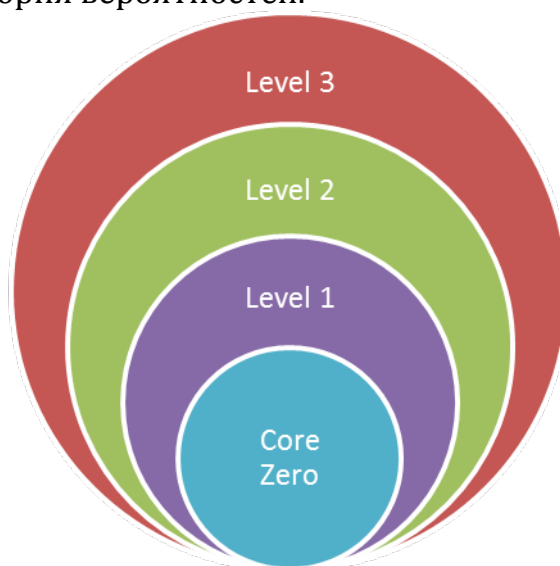


Рис.2. Структура процесса изучения математических дисциплин согласно SEFI

Для анализа наличия и качества предварительных знаний, умений и навыков, как правило, проводится входное тестирование, которое позволяет многим вузам организовать процедуру ликвидации пробелов в знаниях.

Базовый уровень 1 включает знания и навыки, которые лежат в основе инженерной науки и считаются необходимыми для большинства выпускников инженерных направлений подготовки. Материал на этом уровне опирается на Core Zero и считается основой для всех инженерных дисциплин, так как обеспечивает глубокое понимание многих математических принципов. Следует отметить, что акцент, сделанный на определенные темы в рамках первого уровня, может отличаться в зависимости от инженерной дисциплины.

Уровень 2 включает специализированные или передовые знания и навыки, которые считаются необходимыми для отдельных инженерных дисциплин. Материал этого уровня опирается на фундамент уровня 1, и его не следует считать важным для каждого будущего инженера.

Уровень 3 содержит высокопрофессиональные знания и навыки, которые связаны с продвинутым уровнем обучения, и включает математическую теорию и ее интеграцию с реальными примерами инженерных задач. Передовые современные методы решения инженерных задач построены на фундаменте, заложенном Уровнями 1 и 2. Специализированный характер этих методов и важность их применения в инженерных приложениях дает меньше возможностей для подробного определения результатов обучения (как дано для других уровней). По этой причине SEFI приводит только перечень общих тематических рубрик. Этот материал будет преподаваться в конце обучения.

Проект Темпус MetaMath

В конце 2013 года еврокомиссия одобрила выделение средств на

выполнение проекта в рамках программы Tempus IV под названием «Modern Educational Technologies for Math Curricula in Engineering Education of Russia», или сокращенно MetaMath [4]. В переводе на русский язык название проекта звучит так: применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах. Номер проекта – 543851-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPCR, сроки его выполнения: 01.12.2013 – 30.11.2016.

В консорциум проекта входит 4 участника из Европы и 6 из России:

- Ассоциация инженерного образования России;
- Тверской государственный университет;
- Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского;
- Казанский государственный технический университет;
- Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева;
- Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина);
- Университет технологий Тампере;
- Университет Саарланда;
- Первый Лионский университет Клода Бернара;
- Немецкий исследовательский центр искусственного интеллекта.

Причины возникновения подобного проекта лежат в тех проблемах и вызовах, с которым столкнулось современное инженерное образование, причем не только в России, но и по всему миру.

К этим проблемам можно, во-первых, отнести глобальные изменения в мире, которые безусловно затронули в том числе и образование. Скорость обновления инженерных знаний и компетенций неуклонно растет, постоянно появляются новые навыки, требуемые от специалистов, а существующие устаревают. Нередки ситуации, когда какая-то технология или даже дисциплина устаревают раньше, чем студент заканчивает четырехлетний курс обучения в университете. Инженерные проблемы изменяются в связи с проникновением технологии во все сферы нашей жизни, так как системы становятся все сложнее и взаимосвязаннее, а решение таких проблем требует новых подходов, учитывающих не только технические аспекты, но и социальный, экологический, и целый ряд других.

Во-вторых, существует очень острая проблема высокого процента отчисления с первых курсов инженерных и естественнонаучных направлений. В США почти 40% студентов инженерных специальностей не заканчивают обучение, либо меняют специальность, а в Европе процент студентов, преждевременно прекративших обучение, для инженерных дисциплин колеблется от 15% до 40%.

В российских вузах, особенно региональных, аналогичная ситуация. Это связано с тем, что абитуриенты, поступающие на соответствующие

направления, недооценивают роль и место математики в выбранном ими образовании. Часто у будущих студентов бытует мнение, что химику, физику или программисту математика не нужна. В результате, сталкиваясь на первом курсе с такими дисциплинами, как математический анализ, теория вероятностей и математическая статистика, теория дифференциальных уравнений и другими, не все оказываются в состоянии продолжать обучение. Все также усугубляется разницей в уровне математических курсов между университетом и школой.

При этом многочисленные исследования показали, что уровень математических знаний является основным фактором, определяющим успешность обучения по инженерным специальностям, так как математика – ключевой предмет в инженерном образовании.

Именно на решение этой проблемы и направлен проект MetaMath. Его основная цель – попытаться сделать так, чтобы математика перестала восприниматься студентами как сложная, неочевидная, «ненужная» наука, а чтобы она была таким же понятным и естественным инструментом в процессе обучения инженерному делу, как, например, компьютер.

Для выполнения этой цели в рамках проекта предполагается изучить структуру, глубину и сам процесс изучения математики в российских и европейских вузах, провести сравнительный анализ, по результатам которого выработать рекомендации по внедрению лучших практик в образовательный процесс российских вузов. Одним из инструментов для решения поставленных задач также будет служить программный комплекс Math-Bridge – интеллектуальная система для изучения математики онлайн. Российские вузы должны будут локализовать контент учебных курсов по некоторым дисциплинам и попытаться внедрить их в учебный процесс в качестве вспомогательного инструмента для освоения математических дисциплин.

Данная система строит индивидуальную траекторию обучения студента, автоматически выстраивая материал в соответствии с уровнем его математической подготовки и прогрессу освоения предложенных тем.

Структурно проект MetaMath состоит из трех этапов. На первом этапе осуществляется обмен опытом и сравнительный анализ математической подготовки в российских и европейских вузах. В частности, решаются следующие задачи:

- разработка методологии сравнительного анализа математических курсов в европейских и российских вузах;
- попарный сравнительный анализ ряда математических курсов по схеме европейский курс – соответствующий российский курс;
- выработка рекомендаций по усовершенствованию (структурному/ педагогическому/ технологическому) математических учебных планов;
- определение областей в учебных планах, где было бы наиболее

полезно внедрение электронных средств обучения.

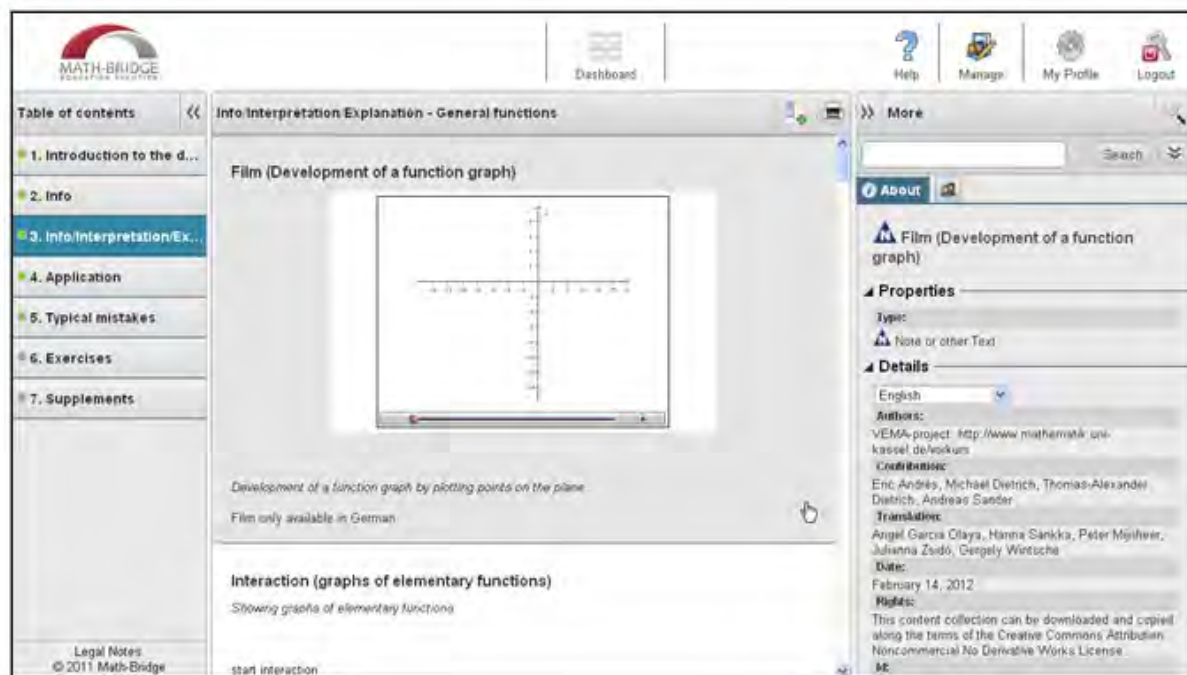


Рис.3. Интеллектуальная система электронного обучения Math-Bridge

Второй этап посвящен модернизации учебных планов в российских вузах. Каждый российский ВУЗ, участвующий в проекте, должен будет выбрать и модифицировать 2 учебных плана по математическим дисциплинам, причем особое внимание будет уделяться внедрению системы Math-Bridge. Math-Bridge будет локализован, а технический и преподавательский персонал будут обучены его использовать.

Во время третьего этапа запланировано внедрение модифицированных учебных планов в учебный процесс и оценка результатов. Для этого, в частности, учебный материал модифицированных курсов будет (частично) перенесен в систему Math-Bridge. Результаты исследования будут проанализированы и распространены.

В настоящее время подходит к концу первый проектный год. В течение первого года были проведены три ознакомительных визита в европейские вузы, во время которых делегации из российских университетов познакомились с опытом преподавания математических дисциплин своих западных коллег:

- ознакомительный визит в технологический университет Тампере, Финляндия (26-27 июня 2014 г.);
- ознакомительный визит в университет Саарланда, Германия (11-12 сентября 2014 г.);
- ознакомительный визит в первый лионский университет Клода Бернара, Франция (13-14 октября 2014 г.).

Результаты выполнения первого этапа проекта будут доложены на двух отчетных конференциях. Первая пройдет в Нижегородском государственном университете имени Н.И. Лобачевского 10-11 ноября 2014

г. и на ней будут подведены итоги анализа российской практики преподавания математических дисциплин. Вторая конференция будет проходить в Казанском государственном техническом университете 8-10 декабря 2014 г. На ней планируется представить результаты сравнительного анализа российского и европейского опыта преподавания математики, в том провести сравнение с методологией, предлагаемой Европейским обществом инженерного образования SEFI, а также обсудить возможность модернизации выбранных учебных планов российскими вузами на втором этапе выполнения проекта с учетом полученных результатов.

О выполнении проекта MetaMath Нижегородским университетом

Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского (ННГУ) является активным участником проекта MetaMath. Одной из основных задач участия ННГУ в этом проекте является совершенствование математической подготовки в рамках инженерных направлений «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (ФИИТ) и «Прикладная информатика» (ПИ), реализуемых на факультете вычислительной математики и кибернетики ННГУ.

Следует отметить, что Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского является национальным исследовательским университетом и благодаря этому имеет право на разработку самостоятельно устанавливаемых образовательных стандартов. В 2010 году первый такой стандарт ННГУ был разработан для подготовки бакалавров по направлению ФИИТ, в 2011 году – для подготовки бакалавров по направлению ПИ и магистров по направлению ФИИТ, в 2013 году – для подготовки магистров по направлению ПИ.

Одним из основных принципов формирования этих стандартов, как федеральных государственных стандартов третьего поколения, является компетентностный подход. При этом необходимость математической подготовки отражена в стандартах в двух компетенциях – общекультурной: «Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу»; и профессиональной: «Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и основные законы естествознания».

Содержание всех компетенций детализируется в картах компетенций, которые предлагают их описание через набор индикаторов, которые показывают конкретные качественные аспекты освоения каждой компетенции. Кроме этого определяются несколько уровней освоения каждой компетенции. На каждом уровне количественная степень освоения каждого индикатора характеризуется дескрипторами. Чаще всего для построения карты каждой компетенции используются пять индикаторов, два-три уровня мастерства и пять дескрипторов.

Рассмотрим карту профессиональной компетенции, имеющей непосредственное отношение к математической подготовке «Способность

понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и основные законы естествознания».

Для нее в карте определяются три уровня сформированности (мастерства):

- уровень технической грамотности;
- уровень понимания концепций, способности их использования;
- уровень эксперта.

В рамках этой компетенции в стандарте выделяется подкомпетенция «Способность понимать концепции и использовать на практике базовые математические дисциплины». Для нее определяются четыре индикатора (качественных характеристики):

- знать основы математических дисциплин;
- уметь доказывать математические утверждения;
- уметь решать математические задачи;
- владеть профессиональным языком предметной области знания.

Для каждого уровня содержательная часть индикаторов раскрывается по-разному. Она приводится в следующей таблице.

Таблица 1. Карта профессиональной компетенции

Уровни мастерства (сформированность и компетенции)	Индикаторы	Основные признаки уровня
Уровень технической грамотности	Знает основы математических дисциплин	дает определения основных понятий
		воспроизводит основные математические факты, идеи
		распознает математические объекты
		понимает связи между различными математическими понятиями
	Умеет доказывать математические утверждения	умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
	Умеет решать математические задачи	знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
Владеет профессиональным языком предметной области		владеет терминологией предметной области знания
		интерпретирует знания предметной области

Уровень понимания концепций, способности их использования:	Знает основы математических дисциплин	даёт определения основных понятий
		воспроизводит основные математические факты, идеи
		распознаёт математические объекты
		понимает связи между различными математическими понятиями
		имеет представление о математических структурах
		имеет представление об основных математических методах (аксиоматический, метод математического моделирования)
	Умеет доказывать математические утверждения	применяет основные методы доказательства утверждений (от противного, математической индукции и др.)
		умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
		демонстрирует доказательства теорем и объясняет их ход
	Умеет решать математические задачи	знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
		аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи
		графически иллюстрирует задачу
оценивает достоверность полученного решения задачи		
Владеет профессиональным языком предметной области	владеет терминологией предметной области знания	
	способен корректно представить знания в математической форме	
	владеет разными способами представления математической информации (аналитическим, графическим, символическим, словесным и др.)	
		интерпретирует знания предметной области
Уровень эксперта	Знает основы математических дисциплин	понимает широту и ограниченность применения математики к исследованию процессов и явлений в природе и обществе

		устанавливает связи между математическими идеями, теориями, дисциплинами и т.д.
		оценивает математическую корректность различной информации в СМИ, научно-популярной литературе и др.
	Умеет доказывать математические утверждения	понимает границы использования математических методов
		выделяет главные смысловые аспекты в доказательстве
		распознает ошибки в рассуждениях
	Умеет решать математические задачи	понимает различие требований, предъявляемых к доказательствам в математике, естественных, социально-экономических и гуманитарных науках, на практике
		применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях
		разрабатывает математические модели реальных процессов и ситуаций
		оценивает различные методы решения задачи и выбирает оптимальный метод
	Владеет профессиональным языком предметной области	применяет компьютерные математические программы при решении задач
		корректно переводит информацию с одного математического языка на другой
		критически осмысливает полученные знания
способен проявить математическую компетентность в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде)		
		способен передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания

Если сопоставить содержание этой компетенции с соответствующей системой общих компетенций математической подготовки документа SEFI, то можно заметить их согласованность друг с другом. Практически все аспекты освоения математики, отмеченные в SEFI, нашли отражение в фрагментах карты профессиональной компетенции ННГУ.

В рамках проекта MetaMath каждый вуз-участник выбрал одну из математических дисциплин для сопоставления опыта преподавания ее в российских и западноевропейских вузах. Для ННГУ такой дисциплиной является «Математический анализ» (Calculus). Сопоставление осуществлялось с Технологическим университетом Тампере, университетом земли Саар и университетом Лиона.

Сопоставление учебных планов и программ соответствующих дисциплин позволило выявить две основополагающие традиции преподавания математики в рамках инженерно-технической подготовки:

- стремление научить студентов, как нужно делать, то есть сообщить основные факты и алгоритмы решения типовых задач, необходимые в инженерной практике;
- стремление научить студентов понимать, как это нужно сделать, то есть сообщить понимание основных принципов и логической структуры математических знаний с последующим умением применять полученные знания на практике.

При этом имеет место существенное различие и в трудоемкости математических курсов в рамках учебного плана: при реализации первого принципа обучения трудоемкость существенно меньше, чем во втором.

Первый принцип обучения характерен для Технологического университета Тампере, второй – для университета Лиона.

Традиции российской высшей школы и ННГУ в частности в большей степени реализуют второй подход в обучении. В этом плане наиболее ценен для нас опыт университета Лиона, использование которого могло бы способствовать повышению качества образования в ННГУ.

Важным аспектом проекта MetaMath является возможность использовать электронную обучающую систему Math-Bridge в математической подготовке студентов. В ННГУ проводится работа по внедрению электронных средств обучения для поддержки математических курсов. В частности, ведется работа по созданию материалов дистанционного обучения для бакалавров 1-4 курсов. Интересен опыт внедрения таких материалов в реальный учебный процесс. В 2013-2014 учебном году ученый совет факультета ВМК принял решение о проведении обязательного тестирования для студентов 1 курса по основным математическим предметам – математическому анализу, геометрии и алгебре, дискретной математике. В течение семестра студенты должны были пройти два теста. Прохождение теста рассматривалось как неотъемлемый элемент выполнения учебного плана. Для тех студентов, которые не смогли пройти тест с первого раза, предусматривалась возможность пересдачи. Студенты, не прошедшие тесты, не допускались до устного собеседования с преподавателем на экзамене.

По математическому анализу тесты можно было проходить дистанционно, при этом студенты могли пользоваться любыми

источниками (конспектами лекций, учебниками). В течение 2 часов каждый студент должен был ответить на 20 вопросов, набор которых формировался индивидуально автоматически системой тестирования. Успешно сданным считался тест, если процент правильных ответов был выше 80.

На практике с первого раза успешно сдать тест смогли лишь единицы (3 человека из 70). Тест пересдавали пять раз. С каждым разом процент успешно прошедших увеличивался, пока, наконец, его не сдали все. Следует отметить, что при этом не расходовалось время преподавателя, возросла заинтересованность студентов в учебном материале, что впоследствии отразилось на повышении успеваемости в сессию.

Полученный опыт показывает, что ННГУ имеет хорошие перспективы внедрения системы Math-Bridge в учебный процесс.

Проект MetaMath профинансирован при поддержке Европейской Комиссии в рамках программы Темпус (№ гранта: 543851-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPCR). Эта публикация отражает исключительно взгляды авторов. Комиссия не несет ответственности за любое использование информации, содержащейся здесь.

Project MetaMath has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Литература

1. European Society for Engineering Education [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/European_Society_for_Engineering_Education
2. Официальный сайт Европейского общества инженерного образования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sefi.be>.
3. Niss M. University mathematics based on problem-oriented student projects: 25 years of experience with the Roskilde model / In The Teaching and Learning of Mathematics at University Level. Ed. by D. Holton. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2010. Pp. 153-165.
4. Официальный сайт проекта MetaMath [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metamath.eu>.