

УДК 378.14:372.851

НОВАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ

Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва,

e-mail: dimit@bmstu.ru, elena.a.gubareva@yandex.ru

В статье предложена новая научно-методическая модель математической подготовки инженеров, основанная на использовании специализированных цифровых образовательных технологий, предназначенных для аудиторного (очного) образования, новой технологии преподавания математики, базирующейся на иерархической нейросетевой структуре математических знаний, логико-функциональных связей между структурными элементами сети математических знаний, компьютерных средств визуализации основных математических понятий, визуальных инженерных примеров использования математических знаний, а также технологии проектирования индивидуальных траекторий обучения математическим дисциплинам, в зависимости от выбранных компетенций. Для реализации новой научно-методической модели математической подготовки инженеров в научно-образовательном центре «СИМПЛЕКС» МГТУ им. Н.Э. Баумана (НОЦ «СИМПЛЕКС») разработана информационно-образовательная среда NOMOTEX. Представлены некоторые примеры тестового опробования новой научно-методической модели математической подготовки в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Ключевые слова: новая научно-методическая модель математической подготовки, иерархическая нейросетевая модель представления знаний (ИНМПЗ), квант знаний, информационно-образовательная среда, цифровое аудиторное образование

A NEW SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL MODEL OF MATHEMATICAL EDUCATION FOR ENGINEERS

Dimitrienko Yu.I., Gubareva E.A.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: dimit@bmstu.ru,

elena.a.gubareva@yandex.ru

The article proposes a new scientific and methodological model of mathematical training of engineers based on the use of specialized digital educational technologies intended for classroom education, a new technology for teaching mathematics based on the hierarchical neural network structure of mathematical knowledge, logical-functional relationships between structural elements of the network of mathematical knowledge, computer imaging tools for basic mathematical concepts, visual engineering use of mathematical knowledge and technology designing of individual trajectories of training to mathematical disciplines, depending on the selected competencies. The information and educational electronic media NOMOTEX was developed in BMSTU for realization of the new model of mathematical education for engineers. Some examples of test testing of a new model of mathematical training at the Bauman Moscow State Technical University are presented.

Keywords: new scientific and methodological model of mathematical education, hierarchical neural network model of knowledge representation (INPPS), knowledge quantum, information and educational electronic media, digital auditor education

Международный и отечественный опыт подготовки инженерных кадров показывает, что в последние десятилетия наблюдается смена парадигмы инженерной деятельности, происходит переход от сложившейся многовековой технологии инженерной деятельности как эвристического труда, основанного на обобщении предшествующего опыта, к новой технологии, в основе которой лежит компьютерное моделирование и проектирование. Для обеспечения перехода к новой инженерной парадигме

должна быть принципиально изменена и технология преподавания математики для будущих инженеров.

Преподавание математики также должно базироваться на современных достижениях в области компьютерных (цифровых) и информационных технологий [1–3]. В отечественной системе подготовки современных инженерных кадров наблюдается значительное отставание от мировых тенденций в развитии инженерного образования и возможностей цифровых технологий.

Существующая модель математической подготовки, реализуемая в российских технических университетах, во многом не соответствует современным требованиям, предъявляемым предприятиями российской экономики к компетенциям инженерных кадров, прежде всего в способности эффективно использовать возможности информационных технологий, компьютерного моделирования, умения применять в инженерной практике фундаментальные математические знания [4–6].

Существует ряд причин, препятствующих глубокому освоению современных математических знаний современных обучающихся в технических университетах:

- недостаточная мотивация школьников, поступающих на обучение, которые в силу существующей последовательной технологии изучения математики и других инженерных наук не могут на ранних стадиях обучения увидеть взаимосвязь фундаментальных математических понятий с областями их использования в инженерной практике;

- недостаточная взаимосвязь математической подготовки инженеров с требованиями современных высокотехнологичных производств;

- нехватка квалифицированных преподавательских кадров в области современной математики, особенно связанной с компьютерными технологиями.

Для преодоления указанных причин, а также для решения общегосударственных задач:

- подготовки конкурентоспособных инженерных кадров для наукоемких отраслей экономики страны;

- формирования креативных инженерных кадров, способных решать задачи разработки и внедрения новейших образцов техники и технологий;

- непрерывного повышения уровня математических знаний, необходимых для развития творческих способностей инженеров, – необходим переход к новой модели математической подготовки инженеров, основанной на новой технологии преподавания математики.

Эта модель базируется на новой иерархической нейросетевой структуризации математических знаний и логико-когнитивно-визуальном подходе

к обучению, принципиально новом способе адаптации математических знаний к инженерной практике с помощью компьютерной визуализации и анимации математических знаний, использовании технологий математического и компьютерного моделирования, применении новых цифровых образовательных технологий, прежде всего Web-технологий, которые позволяют проводить занятия в дистанционном режиме.

Новая научно-методическая модель математической подготовки инженеров была разработана по поручению Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения мероприятия «Модернизация системы высшего образования посредством разработки, апробации и распространения образовательных программ и моделей вузов в соответствии с задачами социально-экономического развития Российской Федерации и субъектов Российской Федерации».

Описание новой научно-методической модели математической подготовки

Новая модель математической подготовки инженеров базируется на следующих принципах:

- а) *многоуровневость и непрерывность математической подготовки* (введение непрерывного образовательного математического процесса от начальной стадии базового обучения до стадии получения компетенций в профессиональной области в бакалавриате и магистратуре, при этом весь математический цикл обучения разделяется на 3 основных блока, которые условно названы – Альфа-математика, Бета-математика и Гамма-математика, каждый из которых длится примерно 1,5–2 года);

- б) *переход к логико-когнитивно-визуальному подходу* обучения инженеров математике, при котором приоритет отдается обучению системности мышления, пониманию логических связей, и более глубокому усвоению знаний через визуальные образы;

- в) *учет характера деятельности инженеров* в их математической подготовке (разделение инженеров на инженеров-исследователей, инженеров-разработчиков и инженеров-эксплу-

атационщиков, с различной структурой математических курсов для этих категорий);

г) *учет специфики инженерной подготовки* (математические знания должны сопровождаться наглядными примерами их использования в инженерной деятельности непосредственно с начальных курсов обучения, где эти знания впервые появляются);

д) *внедрение цифрового образования* (онлайн-курсов, видеолекций, цифрового тестирования) в математической подготовке инженеров;

е) *внедрение курсов математического и компьютерного моделирования* в образовательный процесс инженера, с тем чтобы сделать компьютерное моделирование основным инструментом инженера;

ж) *повышение привлекательности и наглядности процесса обучения* за счет широкого использования 3D визуализации и анимации в математическом образовании и разработки технологий и методик компьютерных игровых элементов в процессе математического обучения;

з) *создание специализированных информационно-образовательных сред для цифрового аудиторного процесса* обучения математике, примером такой среды является информационно-образовательная среда NOMOTEX, созданная в Научно-образовательном центре «СИМПЛЕКС» МГТУ им. Н.Э. Баумана;

и) *индивидуальность образовательного процесса* в целях обеспечения компетенций по заказам различных промышленных предприятий.

Новая модель математической подготовки направлена на повышение уровня математической подготовки студентов, обучающихся на основных направлениях подготовки инженеров уровня «бакалавриат» (образовательная область «Инженерное дело, технологии и технические науки»), а также на сокращение временных затрат на обучение.

Иерархическая нейросетевая модель представления знаний

В целях реализации логико-когнитивно-визуального подхода к обучению инженеров математике была разработана новая *иерархическая нейросетевая*

модель представления знаний (ИНМПЗ), основанная на следующих принципах:

а) математические знания в ИНМПЗ структурированы иерархическим образом в виде нескольких структурных уровней, связанных между собой нейросетью (вертикальными и горизонтальными связями, отражающими использование предшествующих знаний в последующих);

б) низшим элементом ИНМПЗ является *квант знаний*, представляющий минимальный элементарный содержательный раздел (аксиома, определение, теорема, свойство и др.);

в) ориентация обучающихся на знания, умения, навыки будущей профессии в ИНМПЗ происходит на уровне освоения отдельных квантов знаний;

г) новая ИНМПЗ реализуется в виде специально созданной информационно-образовательной *среды*, позволяющей преподавателю и обучающемуся:

– выбирать индивидуальную образовательную траекторию,

– осознавать место каждого кванта знаний непосредственно при знакомстве с ним, в общей схеме образовательной концепции, а также значимость и соответствие этого кванта для будущей профессии,

– устанавливать логическую взаимосвязь между квантами различных областей знаний (в том числе не только математического образования, но и естественнонаучного и гуманитарного),

– овладевать начальным опытом применения полученных математических знаний на практике в профессиональной сфере деятельности;

д) иерархическая нейросетевая структура математических знаний позволяет:

– формировать когнитивные навыки инженера, которые строятся на основе овладения математическим аппаратом (принцип рефлексии);

– обучать инженеров умению решать инженерные проблемы за счет умения пользоваться математической логикой решения задач (формирование профессиональных навыков).

Квантирование знаний (разделение учебных дисциплин на кванты знаний) позволяет намного более тесно установить связь между отдельными частями

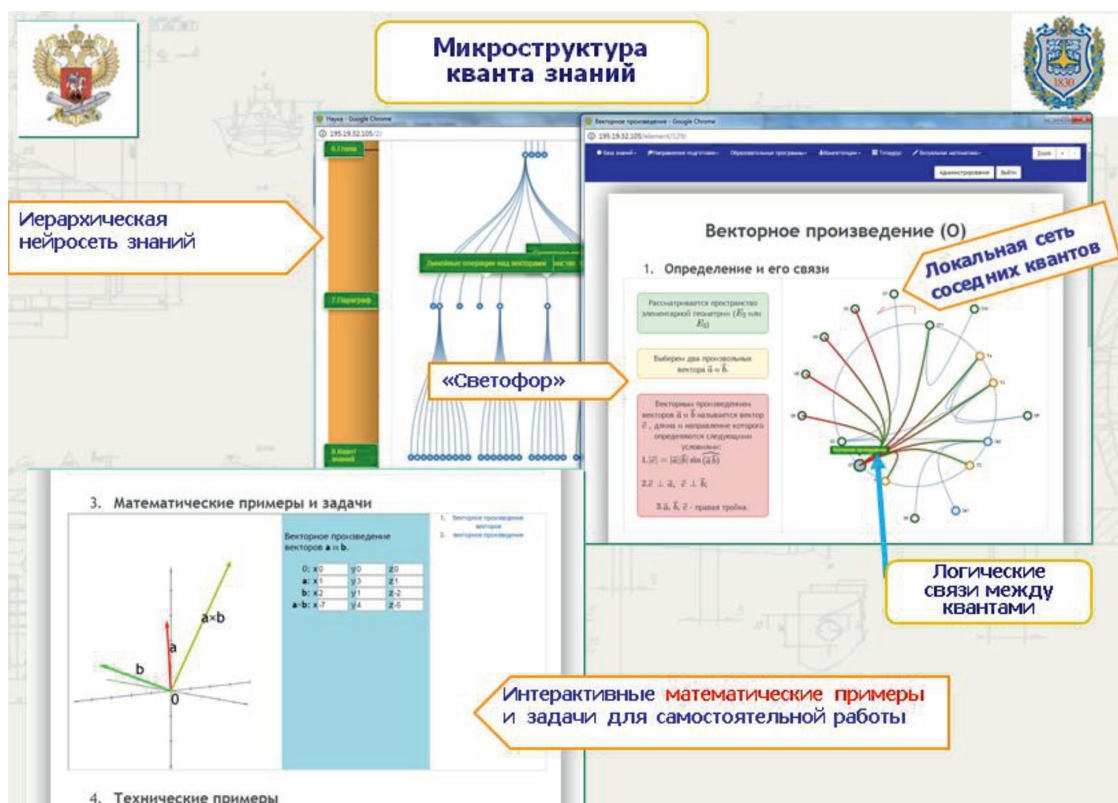
знаний, чем между разными дисциплинами. Прикладную направленность дисциплин целесообразно реализовать именно в рамках квантов, что значительно более эффективно, чем реализация прикладной направленности всей дисциплины. Обучение в рамках квантов можно гораздо более эффективно согласовывать со стандартами и основной образовательной программой, а не только с учебной литературой, которая, как правило, не согласуется с объемом всей дисциплины.

Информационно-образовательная среда NOMOTEX

Была разработана новая информационно-образовательная среда (ИОС) NOMOTEX, предназначенная для реализации новой научно-методической модели математической подготовки, основанная на использовании ИНМПЗ и графических схем, визуализирующих функциональные связи между структурными элементами сети математических знаний (рисунок).

ИОС NOMOTEX содержит следующие программные модули:

- модуль, для визуализации и хранения математических знаний в виде иерархической нейросетевой структуры;
- программный инструмент для визуализации взаимосвязей между разделами математических знаний и инженерных знаний;
- модуль для количественного анализа характеристик освоения разделов математических знаний студентами;
- модуль для хранения и функционирования коллекции компьютерных визуализаций важнейших математических понятий (математических примеров);
- модуль для хранения и функционирования коллекции компьютерных визуализаций инженерных примеров;
- модуль для функционирования тезауруса математических понятий;
- модуль для визуализации траекторий индивидуального обучения в составе единого ПО для реализации новой научно обоснованной модели математической подготовки инженеров;



Примеры нескольких окон ИОС NOMOTEX с квантами знаний.
Апробация новой модели математической подготовки инженеров

- модуль средств разработки иерархической образовательной программы, вариативной в зависимости от компетенций инженера;
- модуль для формирования библиотеки нейросетевых образовательных программ;
- модуль управления режимами работы ИОС;
- модуль для реализации контроля качества усвоения знаний (тестирование);
- модуль для администрирования ИОС.

Апробация новой научно-методической модели математической подготовки инженеров была проведена для студентов инженерных (энергомашиностроительных и машиностроительных) направлений подготовки в форме тестовых аудиторных занятий с использованием ИОС NOMOTEX в формате лекций и семинаров по следующим математическим курсам: – «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра и функции нескольких переменных», «Кратные интегралы и ряды».

По каждому курсу были проведены 4 лекции продолжительностью 30 минут каждая и четыре семинара – такой же продолжительности. После каждого семинара проводились 30-минутные самостоятельные работы в ИОС NOMOTEX.

При проведении тестовых занятий был проведен анализ результатов текущего контроля на основе личных кабинетов студентов, который показал высокие результаты усвоения полученных знаний студентами: процент полностью выполненных заданий тестирования в виде решенных задач составил 87%, в то время, как обычно примерно при аналогичных условиях проведения тестирования этот процент не превышал 50%.

Поле проведения занятий было проведено анкетирование студентов-участников. Студентам предлагалось оценить основные особенности ИОС NOMOTEX: наличие компьютерной визуализации основных математических понятий и примеров; наличие 3D анимации инженерных примеров математических понятий; оригинальную нейросетевую структуру представления математических знаний; интерактивные семинарские занятия; визуализацию индивидуальных образовательных траекторий. Анкета являлась «слепой». Было

установлено, что в целом студенты МГТУ им. Н.Э. Баумана дают очень высокую оценку эффективности и наглядности визуализации математических понятий и логических связей. Причем после лекций по аналитической геометрии, которые проводились первыми, количество студентов, оценивших ИОС NOMOTEX положительно (варианты ответов «3 – выше среднего», «4 – высокая» и «5 – очень высокая») по данному признаку, составило 77,5%, а после лекций по кратным интегралам и рядам, которые проводились последними – 86%. После проведения практических занятий положительную оценку дали 95% обучающихся.

Выводы

Разработана новая научно-методическая модель математической подготовки инженеров, основанная на многоуровневости и непрерывности математической подготовки, учитывающая характер деятельности инженеров в их математической подготовке, специфики инженерной подготовки, а также позволяющая внедрять дистанционное образование (онлайн-курсы, цифровое тестирование) в математическую подготовку инженеров, курсы математического и компьютерного моделирования в образовательный процесс инженера. Новая модель обеспечивает повышение привлекательности процесса обучения за счет широкого использования 3D визуализации и анимации в математическом образовании и разработки технологий и методик компьютерных игровых элементов в процессе математического обучения.

Создана специализированная информационно-образовательная среда NOMOTEX для аудиторного цифрового процесса обучения математике.

Новая модель математической подготовки позволяет реализовать принцип индивидуальности образовательного процесса в целях обеспечения компетенций по заказам промышленных предприятий.

Проведено тестовое опробование новой модели математической подготовки инженеров, показавшее ее высокую эффективность и перспективность для внедрения в образовательный процесс.

Список литературы

1. Китова Е.Т., Скибицкий Э.Г. Информационно-образовательная среда вуза – инструментарий повышения уровня подготовки студентов // *Инновации в образовании*. – 2016. – № 10. С. 116–125.
2. Баранов А.В. Проектная деятельность компьютерного моделирования в физическом практикуме технического университета: организация, требования, критерии оценки // *Инновации в образовании*. – 2016. – № 10. – С. 158–170.
3. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А. Новая технология математической подготовки инженерных кадров, основанная на нейросетевой модели знаний // *Инновации в образовании*. – 2017. – № 11. – С. 129–140.
4. Павлова Е.В. Проблемы индивидуализации процесса обучения в высшей школе // *Инновации в образовании*. – 2017. – № 1. – С. 47–53.
5. Анисова Т.Л. Методика формирования математических компетенций бакалавров технического вуза на основе адаптивной системы обучения // *Инновации в образовании*. – 2016. – № 7. – С. 5–15.
6. Всероссийский семинар «Новые цифровые технологии для математической подготовки инженерных кадров» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bmstu.ru/mstu/news/news.html?newsid=4556> (дата обращения: 13.12.2017).