Глава 4.
ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ПРЕДМЕТА
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»
В ТРАНСПОРТНОМ ВУЗЕ

Катаева Лилия Юрьевна

д.ф.-м.н., профессор

Самарский государственный университет путей сообщения
(филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде)

Аннотация: Внедрение бережливых технологий на транспорте вовлекает в процесс принятия решений все уровни планирования. Это приводит к необходимости повышать степень согласованности принимаемых решений с целью оптимизации работы всей транспортной сети и снижения нагрузки на нее, но при этом важной целевой составляющей остается доступность перевозок на железнодорожном транспорте. В работе показано, что большая востребованность инженерных кадров и оказываемое ими влияние на развитие производства, а также многовариантность решаемых задач определили повышение требований к их профессиональной подготовке, знаниям и владению не только информационными технологиями, но и умению решать профессиональные задачи на основе математического моделирования с привлечением методов оптимизации и численных методов. Показано, что в рамках данного предмета необходимо научить будущего инженера осуществлять декомпозицию задачи управления, формулированию их с точки зрения математики и формированию целевой функции. С точки зрения методологии преподавания данной дисциплины и формирования

заинтересованности студента необходимо учитывать специфику решаемых на производстве задач.

Ключевые слова: высшее профессиональное образование, математическое моделирование, транспортный университет.

PECULIARITIES OF TEACHING THE SUBJECT OF MATHEMATICAL MODELING IN TRANSPORT UNIVERSITIES

Kataeva Liliya Yurievna

Abstract: The introduction of lean technologies in transportation involves all levels of planning in the decision-making process. This leads to the need to increase the consistency of decisions made in order to optimize the operation of the entire transport network and reduce the load on it, but at the same time an important target component remains the availability of transportation on the railway transport. The paper shows that the high demand for engineering personnel and the impact they have on the development of production, as well as the multivariate nature of the tasks to be solved determined the increased requirements for their professional training, knowledge and possession not only of information technology, but also the ability to solve professional problems based on mathematical modeling with the involvement of optimization methods and numerical methods. It is shown that within the framework of this subject it is necessary to teach the future engineer to carry out decomposition of control problems, formulating them in terms of mathematics and formation of the target function. From the point of view of the methodology of teaching this discipline and the formation of the student's interest it is necessary to take into account the specifics of the problems to be solved in production.

Key words: higher professional education, mathematical modeling, university of transport.

Значение математического моделирования при подготовке бакалавров в транспортном вузе

В условиях сформированного информационного и технологизированного общества и в условиях требований развития личности, предмет математическое моделирование становится неотъемлемой связующей частью образовательного процесса при подготовке бакалавров в транспортном вузе. Именно данный предмет объединяет в себе возможности комплексного формирования интереса и мотивации обучающихся, т.к. позволяет показать наглядно студенту аспекты практической применимости полученных навыков на таких предметах как математика и информатика к решению профессиональных задач обеспечения работы железнодорожного транспорта. Особенно это актуально на фоне общего падения интереса студентов, рассматривающих математику как формально-логическую и теоретическую науку.

Именно данный предмет позволяет систематизировать знания и возможности наглядно показать весь процесс моделирования, начиная от анализа словесной формулировки задачи к математической ее интерпретации, дальнейшем ее решение с применением различных методов ее решения. Обладая большим потенциалом с точки зрения формирования мотивации к учебно-познавательной деятельности данный предмет выходит на первый план при формировании профессиональных компетенций и умений применять на практике полученные знания [1-3].

Следует отметить, что сам метод математического моделирования не нов и имеет богатую историю его использования в педагогике.

Математическое моделирование является инструментом познавательной, научной и практической деятельности человека [4-6]. Еще в школе учащиеся сталкиваются с элементами математического моделирования при решении задач на составление уравнений. Однако выделение данного метода в самостоятельную дисциплину произошло лишь с возможностью широкого применения компьютерной техники.

Особенно актуально использование математического моделирования на практике стало в современных условиях конкуренции. Использование навыков полученных при изучении математического моделирования позволяет современному инженеру осуществлять поиски оптимальных решений в своей профессиональной деятельности для более рационального использования ресурсов или организации производственных и технологических процессов на железнодорожном транспорте.

Данный предмет ориентирован на системное изучение профессиональных задач с помощью математических моделей микро- и макроуровней, а также в разрезе решения профессиональных задач. Преимущества математического моделирования в том, что изучаемый объект интерпретируется моделью, которую затем можно изучать и анализировать с помощью инструментария математики, вычислительной техники с привлечением методов оптимизации и численных методов. Практическая ценность математического моделирования как раз в том, что при изучении модели формулируются выводы относительно самого исследуемого объекта. Все это позволяет решить одну из важнейших проблем педагогики и психологии – проблему мотивации интереса и познавательной активности студента. Следует отметить, что именно мотивы – главная движущая сила учебного процесса [7 - **Error! Reference source not found.**].

Высокого уровня мотивации у студента к образовательному процессу можно достичь только в условиях правильно сформированного образа его

будущей профессиональной деятельности и личной заинтересованности в изучении математического моделирования, поэтому при изучении данного предмета важно наглядно показать применимость к конкретной профессиональной деятельности [7]. Важно сформировать целую логическую цепочку профессиональной подготовки, где математическое моделирование становится важным инструментом при решении конкретных, связанных с будущей профессией задач и придающий образовательному процессу личностный смысл с одной стороны, но при этом важно не упускать обобщение моделей на более общие случаи. В этом случае студент будет мотивирован на глубокое изучение материала в силу того, что у него будет понимание, как изучаемый материал может ему помочь при решении профессиональных задач, характерных для инженера железнодорожного транспорта. Предмет математическое моделирование имеет тесную связь со всеми предметами, изучаемыми в вузе (математика, физика, химия и другие), а также с профессиональными, изучаемыми на старших курсах. Все это определяет важнейшее место данного предмета в системе подготовки бакалавров транспортных вузов.

**Мировые тенденции современности высшего образования и усиление
важности изучения предмета «Математическое моделирование»
в транспортном вузе**

Ускорение процессов глобализации и мобильности стали отличительной чертой общества и высшего образования после 1995 года. В результате этих процессов произошли структурные изменения на рынке труда и вырос интерес к получению высшего образования. Экспоненциально выросший спрос на высшее профессиональное образование, наличие ограничивающих составляющих: технологического фактора и ресурсов привели к дисгармонии

в высшем образовании. Выросла потребность в улучшении качества образования возникла острая необходимость в высококвалифицированных кадрах, способных оптимизировать и совершенствовать все технологические процессы, в том числе на железнодорожном транспорте [8-10]. Основным тормозящим звеном при переходе к массовому высококачественному дистанционному образованию стало отсутствие технических возможностей [11] при этом в России остается высокое качество подготовки специалистов при использовании контактных методов обучения.

Однако условия пандемии 2019 года внесли свои коррективы и в развитие новых тенденций высшего образования. Внедрение технологий дистанционного образования уже стали неотъемлемой частью современного высшего образования. В этот период стали более активно использоваться возможности дистанционного образования с элементами интерактивности на основе методов моделирования [12-14]. При этом кардинально стали меняться и мировые тенденции в высшем образовании. Главным и определяющим фактором успешного развития страны и ее безопасности становится высшее образование [15, 16].

Происходящие трансформации современности привели к возрастающей сложности самой системы образования и изменению условий труда и требований к профессиональной деятельности самих преподавателей. На фоне создания новых технологий происходит постоянная модернизация производства, и формируются требования к специалистам нового поколения.

Сегодня уже требуются не просто высоко квалифицированные специалисты способные решать типовые задачи, а наиболее востребованными становятся специалисты способные на поиск новых творческих нестандартных решений. При усилении спроса на высшее образование происходит повышение его стоимости. Если образование имеет государственное финансирование, то оно тоже растет, а в странах без

бюджетного финансирования расширяются программы его кредитования. Одной из таких стран является США с задолженностью по этим программам более одного трлн. долларов. При повышении издержек на получение высшего образования возникли новые тенденции по их сокращению при создании новых образовательных платформ на базе объединения крупных вузов [11] и формированию сетевого образования по всему миру, но при этом сохраняется дефицит на качественное образование. Огромным преимуществом развитых стран возможности по расширению виртуальных университетов и привлечению к обучению потока желающих из развивающихся стран, что существенно снижает издержки на образование.

К сожалению, Россия пока не является мировым лидером в высшем образовании. Большой перечень проблем образования сформировался в результате непонимания со стороны государства степени важности высшего образования. Процесс самовывживания государственных вузов и целевое обогащения негосударственных, перераспределение финансовых ресурсов не в пользу государственных нанесло огромный ущерб системе образования России в целом. Данные процессы сопровождались резким падением престижа и заработных плат работников образования, что в свою очередь привело к ее разрушению, потере кадрового потенциала и спровоцировало кризис в Российском образовании. 90-е годы стали самыми тяжелыми для высшего образования. Отсутствие полноценного финансирования привело к старению оборудования Вузов, отсутствию возможности полноценного поддержания образовательного процесса и активному поиску новых источников финансирования в виде легальных платных образовательных услуг [11].

Другим негативным аспектом, отразившимся на высшем образовании стало нарастание кадрового дефицита в средней школе. Он привел к увеличению наполняемости классов и существенному снижению качества среднего образования и сейчас это отражается на высшем образовании.

Непропорциональный рост зарплат в сфере образования привел к оттоку талантливых молодых педагогов из школы и вузов в более привлекательные отрасли. Сформировавшаяся демографическая яма только усугубила ситуацию и привела к существенному уменьшению Вузов. Явное отставание России на фоне глобальной трансформации высшего образования привело к пониманию того, что существует диалектическая связь развития и высшего образования. Невозможно развивать страну при отсутствии системы качественного высшего образования. Формируется новая архитектура системы высшего образования, включающая в себя национально-исследовательские, национальные и опорные университеты. Для увеличения доли участия в мировом сегменте реализуется проект «5-100». Предпринимаемые усилия со стороны государства конечно благотворно сказываются на развитии системы образования, но Россия до сих пор существенно отстает от мировых лидеров в создании виртуальных университетов, а приоритетной остается традиционная система образования, а показатель индекса человеческого развития остается низким и сейчас.

Как показал анализ общемировых и внутригосударственных тенденций [11] именно высшее профессиональное образование играет ключевую роль и способствует формированию его кадрового потенциала. В работах [11-16] показано, что для обеспечения прогресса, независимости и обеспечения экономической безопасности необходима хорошо сбалансированная и динамично развивающаяся системы образования, позволяющая готовить современных инженеров железнодорожного транспорта высокого уровня.

Сегодня железнодорожный транспорт как никогда нуждается в новом поколении талантливых инженеров, способных решать локальные и глобальные профессиональные задачи. Особенно это важно в условиях конкурентной борьбы, требующей изыскивать внутренние резервы для внедрения бережливых технологий на транспорте, и, вовлекает в процесс

принятия решений все уровни планирования. Осуществление оптимизации работы всей транспортной сети требует от инженеров железнодорожного транспорта всех уровней поиска нестандартных и инновационных решения для снижения нагрузки на нее и сохранением доступности перевозок.

Для подготовки таких инженерных кадров необходимо не только показать современному студенту возможности использования математического моделирования для решения профессиональных задач, но и научить такие задачи формулировать, переводить их на формальный язык математики и решать с использованием современных средств. Поэтому прикладная направленность становится не просто важным аспектом в обучении, а жизненно необходимой реальностью [11, 14] в преподавании такой дисциплины как математическое моделирование. При обучении математическому моделированию необходимо формировать навыков решения профессиональных задач по конкретным направлениям и специальностям. Необходимо создавать и использовать методические разработки, включающие решение задач, характерных для этих специальностей по математике, численным методам, математическому моделированию и других [19-22], а для технических специальностей необходимо делать упор на задачи, характерные для соответствующего направления подготовки по математике, численным методам и методам решения задач естествознания [19, 22] и включать задачи характерные для железнодорожного транспорта [18].

Как отмечалось в работе [14] для устранения перекоса в сторону изучения абстрактных задач, возникающего при изучении математики необходимо при изучении предмета математическое моделирование показать связь абстрактных задач с прикладными и профессиональными задачами. Выделены процессы и компоненты математического моделирования, а также авторы сформулировали дидактические функции и акцентировали внимание на практическую направленность преподавания математики.

Именно прикладная направленность в обучении предмета математическое моделирование позволяет развивать у студента математической культуры в целом и позволяет осознать взаимосвязи с другими предметами. Необходимо делать акценты при решении практических задач на правдоподобность и логические аспекты решения.

Методологическая проблема практической направленности не является новой. Она детально изучена в работах В.М. Монахова, В.В. Фирсова, А.В. Усовой и другими авторами, а проблемы прикладной ориентированности математики были рассмотрены в работах В.А. Стукалова, С.С. Варданяна, Г. Трелиньски и других.

Механизмы реализации прикладной направленности с точки зрения психологии изучены в работах Н.А. Мечинской, Н.Ф. Талызиной, П.Я. Гальперина и других.

Но не смотря на большое количество проводимых исследований проблемы практической направленности не нашла должного теоретического и практического решения. До сих пор не существует единого мнения по проблеме прикладной направленности предмета. Наиболее полно на современном этапе развития разработан только этап математического решения, но этого не достаточно, т.к. предмет математическое моделирование должен включать в себя все этапы начиная от словесной формулировки, формализации ее записи на языке математики, обоснованного выбора средств и инструментов ее решения, реализация самого решения и анализ полученных результатов. Для осуществления преподавания такой сложной дисциплины необходимо привлекать высококвалифицированные кадры – хорошо знающие математику, суть и особенности профессиональных задач, возникающих на железнодорожном транспорте с учетом специализации, умеющих осуществлять формализация задач, а также знающие инструменты для их решения.

Как показано в работе [14] математическое моделирование выполняет такие дидактические функции, как познавательную, управление деятельностью обучающегося, интерпретационную, эстетическую и функцию моделирования. На основе проведенного эксперимента авторы показали, что включение взаимосвязей между предметами математика и математическое моделирование оказало существенное влияние на эффективность усвоения материала.

Таким образом, при изучении дисциплины «Математическое моделирование» студенты не только должны овладеть теоретическими и практическими навыками анализа профессиональных задач, связанных с совершенствованием систем и процессов на железнодорожном транспорте, но и научиться самостоятельно, изучать литературу по математическому моделированию и практическому использованию полученных знаний.

Учебно-методический комплекс, реализуемый через интерактивные и анимационные модели учебной деятельности, использующий информационно-коммуникационные технологии, учитывающие вариативность и индивидуализацию профессионального образования, имеет блочную структуру и включает в себя:

- лекционно-теоретический блок, содержащий электронный учебник «Математическое моделирование систем и процессов» с иллюстрациями, рисунками, схемами, а также комплексом анимационных и интерактивных моделей с учетом направлений подготовки бакалавров;
- практически-тренирующий блок, имеющий примеры решения профессиональных задач с учетом направлений подготовки бакалавров;
- тестирующий блок, интегрированный с базой задач, содержащий тесты и типовые задачи;
- справочно-информационный блок, содержащий список основных формул, используемых в расчетах, постоянных и глоссарий терминов;

- профессиональный блок, включающий примеры выполнения исследовательских работ с учетом специальности, а также комплекс анимационных и интерактивных моделей;
- телекоммуникационный блок, содержащий предметный поиск по ключевым словам, систему помощи с путеводителем по курсу и инструкциями по работе;
- блок информационной безопасности;
- блок методической поддержки курса, включающий комплекс методических разработок, рекомендуемый список литературы по различным темам курса.

Начиная осуществлять моделирование простых задач оптимизации с использованием таких пакетов прикладных программ как Excel и MathCad – позволяет студенту освоить сами принципы моделирования и наглядно увидеть весь процесс начиная от словесной формулировки задачи и ее ограничений, формализации записи ее на языке математики до реализации в пакетах прикладных программ. Однако, для решения более сложных профессионально ориентированных задачи необходимо создание интерактивных моделей.

Использование профессионально ориентированных интерактивных моделей, позволяет студенту, варьируя заданные параметры, изучать процессы в системах. Приведем один из примеров такой модели для моделирования, изучения и анализа переходных процессов в электрической цепи. Студент может изменяя параметры задачи и методы ее решения осуществлять наблюдения за изменением возникающих в цепи силы тока и напряжения, а также определять количество теплоты, выделяемой на определенном резисторе за указанный промежуток времени. Такая интерактивная модель позволяет выполнить численные расчеты на любом изучаемом языке программирования.

**Рис. 1. Интерактивная модель анализ переходных процессов
в электрической цепи**

Используя такой набор интерактивных моделей, позволяет студенту наглядно осуществлять процесс моделирования. Использование таких комплексов позволяет выстроить индивидуальную траекторию обучения студента, мотивируя на изучение и совершенствование своей профессиональной подготовки.

Список литературы

1. Маслоу А.Г. Мотивация и личность / пер. с англ. – 3-е изд. – СПб.: Питер., 2003. – 392 с.
2. Медведева Т.Н., Пешкина Е. Особенности учебной мотивации у студентов ВУЗа // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 36. – С. 16 – 20. – URL:<http://e-koncept.ru/2015/95595.htm>.
3. Петунин О.В., Мамонова Л.И., Профессиональная направленность физико-математической подготовки инженеров// Высшее образование сегодня. - №10, - 2007, - С.21 - 22.
4. Самарский А.А. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры [Текст] / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2001. - 320с.
5. Штофф В.А. Моделирование и познание / Под ред. В.А. Штофф. – Минск: Наука и техника, 1974. – 211с.
6. Kent P. Mathematics in the University Education of Engineers. A Report to the Ove Arup Foundation/P.Kent. R.Noss.-London: London Knowledge Lab. 2003.-Retrieved 25/10/2014. from <http://www.lkl.ac.uk/research/REMIT/Kent-Noss-report-Engineering-Maths.pdf>
7. Ильин Е. П. Мотивация и мотивы. - СПб.: Питер, 2000. - 342 с.
8. Высшее образование в XXI веке. Подходы и практические меры. Всемирный статистический обзор по высшему образованию. Рабочий документ. ЮНЕСКО. Париж, 1998 г.
9. Высшее образование в XXI веке. Подходы и практические меры. Заключительный доклад. ЮНЕСКО. Париж, 1998 г.
10. Всемирный доклад по образованию. Учителя, практическая деятельность и новые технологии. ЮНЕСКО. 1998 г.
11. Катаева, Л.Ю. О трансформации высшего профессионального образования в современных условиях / Л.Ю. Катаева // Анализ состояния, проблем и перспектив развития современного образования: Монография. –

Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская Ирина Игоревна), 2021. – С. 116-129.

12. Клячко Т.Л. Образование в России и мире. Основные тенденции // Образовательная политика. Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ. Москва. 2020. №1 (81) С. 26-42.

13. Зеленков Г.А., Каратаева Н.Г., Латун В.В. Математическое моделирование как метод активизации исследовательской деятельности студентов // Интернет-журнал «Мир науки» 2016, Том 4, номер 5 <http://mir-nauki.com/PDF/12PDMN516.pdf>.

14. Архаров, Е.В. О некоторых теоретических аспектах прикладной направленности обучения высшей математике студентов / Е.В. Архаров, Л.Ю. Катаева // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 6. – С. 78. – DOI 10.17513/spno.29433.

15. Устойчивое развитие и угрозы экономической безопасности / С.Н. Митяков, Д.Н. Лапаев, Л.Ю. Катаева, С.А. Рамазанов // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 10(111). – С. 111-114.

16. Оперативный мониторинг экономической безопасности России / С.Н. Митяков, Л.Ю. Катаева, Е.С. Митяков, С.А. Рамазанов // Инновационное развитие экономики. – 2019. – № 5-2(53). – С. 213-223.

17. Катаева, Л.Ю. Постановка и проведение вычислительного эксперимента по исследованию аэро- и гидродинамических процессов в аварийных ситуациях природного и техногенного характера / Л.Ю. Катаева ; Российский государственный открытый технический университет путей сообщения. – Москва : Российский государственный открытый технический университет путей сообщения, 2007. – 218 с. – ISBN 978-5-7473-0347-8.

18. Четверов, Д.А. Применение динамического статистического анализа для определения сроков службы и оптимизации систем железнодорожного транспорта / Д.А. Четверов, Л.Ю. Катаева // Техника и технология наземного транспорта : Материалы международной студенческой научно-практической

конференции. В 2-х частях, Нижний Новгород, 18 декабря 2019 года / Науч. редактор Н.В. Пшениснов, сост. А.Н. Сидоров. – Нижний Новгород: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "XXI век", 2020. – С. 568-570.

19. Катаева Л.Ю., Ильичева М.Н., Федосеева Т.А., Масленников Д.А. Численное решение задач экономики с использованием Excel, C++ и MatLab - учебное пособие / Нижний Новгород, 2020.

20. Алексеенко С.Н., Катаева Л.Ю. Поверхностные интегралы. Теория: учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей и всех форм обучения - Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2011. 23 с.

21. Катаева Л.Ю., Масленников Д.А., Лощилова Н.А., Белоцерковская И.Е., Галина Н.В., Федосеева Т.А., Ильичева М.Н. Численные методы решения прикладных задач - учеб. пособие / Нижний Новгород, 2014.

22. Катаева Л.Ю., Крайзлер М.Б., Савченко А.В. Методы решения задач естествознания - учебное пособие для студентов технических специальностей / Л.Ю. Катаева, М.Б. Крайзлер, А.В. Савченко; Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2007.

© Л.Ю. Катаева, 2022