

<https://www.doi.org/10.33910/1992-6464-2023-207-120-126>
EDN HDKMTW

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТИ В СТРУКТУРЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
(НА ПРИМЕРЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН)**

Т. Ю. Круковская

Аннотация. В статье показаны отдельные особенности междисциплинарных стратегий в системе профессиональной подготовки студентов. Конкретизированы наиболее существенные основания практической проработки междисциплинарности в процессе преподавания дисциплины «Математическое моделирование». Целью анализа отдельных вопросов междисциплинарности в процессе обучения математическому моделированию является формирование опорных методологических и методических позиций для обеспечения целостности профессиональной подготовки будущих инженеров железнодорожной отрасли.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, математика, математическое моделирование, междисциплинарность

**SOME PROBLEMS OF INTERDISCIPLINARITY IN THE STRUCTURE
OF PROFESSIONAL TRAINING OF RAILWAY TRANSPORT SPECIALISTS:
THE CASE OF MATHEMATICAL DISCIPLINES**

T. Yu. Krukovskaya

Abstract. The article describes selected features of the strategies used to ensure interdisciplinarity in the system of professional training of students. The most significant grounds for the practical study of interdisciplinarity in the process of teaching Mathematical Modeling are concretized. The author analyzed individual issues of interdisciplinarity in the process of teaching Mathematical Modeling and puts forward the methodological recommendations which will be instrumental in ensuring the cohesion of the professional training of railway engineers.

Keywords: professional training, mathematics, mathematical modeling, interdisciplinarity

Современная образовательная ситуация характеризуется широким диапазоном междисциплинарных исследований в структуре профессиональной подготовки студентов. Рассматриваются и уточняются такие ключевые объекты исследований, как «междисциплинарность», «трандисциплинарность», «междисциплинарный синтез», «трандисциплинарный синтез» и др.

Внимание исследователей сосредоточено на обсуждении общих подходов, принципов,

методов и средств, способствующих развертыванию междисциплинарных стратегий, которые в теории и методике профессионального образования способствуют формированию междисциплинарных компетенций и становлению будущего специалиста [3].

Проблема междисциплинарности не исчерпывается поиском «точек соприкосновения» предметного содержания учебных планов, рабочих программ, соответствующих учебных дисциплин. Инженерия междисци-

плинарности опирается на связность смежных знаний, традиционных и инновационных способов действий, моделирование учебной сложности и трудности плановых учебных, учебно-исследовательских заданий, соответствующих учебных планов и рабочих программ на системном уровне с учетом рекомендованных образовательным стандартом профессиональных компетенций.

Профессиональные компетенции будущего специалиста железнодорожной отрасли в современных условиях наукоемкого производства основаны на формировании готовности к освоению, созданию, обеспечению характеристик надежности и безопасности новой техники во всем комплексе требований. Система железнодорожной отрасли всегда представляла собой критически важную многоотраслевую систему, а в современном состоянии развития скоростного и высокоскоростного движения, повышения массы составов поездов, увеличения пропускной способности и в целом интенсификации перевозочного процесса усиливается специфика алгоритмов управления объектами системы, прежде всего, с позиций безопасности и надежности перевозочного процесса.

По этой причине следует ожидать, что результаты профессиональной подготовки студентов вуза железнодорожной отрасли будут получены через восходящее воспроизводство технологий образования, трансфера знаний, способов действий в системе прикладных учебных, учебно-исследовательских задач, в том числе по дисциплинам, содержательно связанным с математическим моделированием объекта познания, его поведения, свойств, характеристик.

Известно, что проработка инженерно-технических задач направлена на прикладной практический результат. Целью их решения является создание новой или рационализация ранее созданной конструкторской разработки, проработка проблемы, возникшей во время эксплуатации объекта, введение нового или совершенствование устоявшегося технологического процесса или его элементов

на основе гармонизации искусственного и естественного. Остаются востребованными знания и практические способы действий в изобретательстве и рационализации. Это требует от будущего специалиста запаса технических и технологических знаний, способов действий, способности воспринимать, оценивать информацию, интерпретировать данные анализа параметров функционирования технического объекта. Проработка таких задач характеризуется переходом на достаточно высокий уровень математического моделирования, практических способов действий и требует соответствующего математического аппарата, программных продуктов информационной индустрии.

Условимся считать, что класс учебных, учебно-исследовательских задач математического моделирования содержит умеренную сложность, не требующую сверхбольших скоростей вычислений, и включает в себя определенный объем математических объектов и описание характера связи между ними, с которыми студент знаком при изучении предшествующих дисциплин или выполняет познавательную деятельность в текущий период обучения. Но при этом разработка математической модели основана на достаточном для студента старшего курса уровне математической подготовленности, опыте построения математических моделей на базе известных математических объектов, например на основе структур систем линейных алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений и их систем и др., способности в сложном объекте, явлении, процессе увидеть понятную простоту и возможность описания известными математическими методами и средствами.

С целью выявления эффективности дидактической обеспеченности междисциплинарных стратегий ранее был осуществлен анализ практик преподавания математического моделирования показателей функционирования технических систем и их элементов, а именно выявлена и показана структурная связность элементов аналитической деятельности студентов посредством метода

q-анализа. Этот метод «позволил выделить и оценить в системе средств мыслительной деятельности структурную связность, сформировать комплексы, показав целостность и единство аналитических средств освоения способа действий в познании объектов предметной области» [8, с. 38].

Дополнительно обоснованы условия аналитико-синтетической учебной деятельности студентов, в частности выделены отдельные условия: «соблюдение логической последовательности предшествующих и последующих учебных дисциплин, целесообразный подбор конкретных практических заданий...» и др. [4, с. 118].

Применены в учебной деятельности студентов компоненты способов действий «знание», «понимание», «применение», «анализ», «синтез», определены «их наиболее существенные стороны для освоения компетенций основ математического моделирования» [5, с. 77-78].

Подтверждено единство процессов математического моделирования «модель → вычислительный алгоритм → программа», которое «способствует переходу от предметных знаний студента к методологическим инженерным знаниям, что позволяет при определенных усилиях преподавателя и студентов перейти на фундаментальный и технологический уровни в подготовке специалиста», и др. [7, с. 95].

Подобные проработки и опыт практической действительности дают основание для постановки одного из важнейших вопросов междисциплинарных стратегий математического моделирования: каково оптимальное соотношение теоретических знаний и практических умений, способов применения математического аппарата и инструментов прикладного программного обеспечения; как определить это оптимальное соотношение, найти ту грань, при пересечении которой не будет потеряна основа целостности знаний в профессиональной подготовке студентов, целью которой является распространение научного знания как части мировой культуры.

Теоретические основы математических преобразований закладываются при изучении курса математики на младших курсах и востребованы на старших. Например, на уровне специалитета «Подвижной состав железных дорог» учебная деятельность студента на старших курсах включает действия распознавания уже известных математических преобразований в новой образовательной ситуации, переход от базовых представлений о математических объектах к их возможному прикладному содержанию, обоснование целесообразности применения средств, приемов, способов действий математического моделирования на основе протокола прикладного программного обеспечения.

В реальной практике математического моделирования нет иной опоры теоретических знаний и практических умений математических преобразований, как сформированный на младших курсах ресурс при изучении курса математики. Однако в этом процессе формирования необходимых профессиональных компетенций будущего выпускника существуют свои дидактические трудности. В частности, в силу объективных условий снижения объема учебных часов на теоретическое изучение основных разделов математики подчас опускаются доказательства теорем. Известно, что совместная деятельность студентов с преподавателем в процессе математических преобразований способствует формированию упорядоченности, непротиворечивости системы применяемых способов действий, приучает к алгоритмизации действий. По этой причине одним из возможных решений дидактического обеспечения междисциплинарных стратегий математического моделирования может явиться планирование системы учебных, учебно-исследовательских задач прикладного характера в поиске оптимального соотношения ранее изученных теоретических знаний, практических умений и приобретаемых на прикладном уровне способов действий.

Первичным организационным средством поиска оптимального соотношения может

явиться классификация и группировка элементов математических знаний, способов действий и инженерно-технических знаний с достаточной детализацией и формализацией, соответствующих уровню студента старшего курса на основе поэтапного перехода от достаточно простых математических моделей к более сложным моделям с высокой точностью и приближенностью к практической действительности.

Планирование системы учебных, учебно-исследовательских задач прикладного характера, классификация и группировка по необходимым признакам знаний, способов действий позволяет студентам и преподавателям перейти к представлению о многообразии междисциплинарных взаимных связей, структурно-функциональному ряду знаний и способов действий в процессе обучения математическому моделированию. Так, например, оператор математической модели в виде дифференциальных уравнений и их систем курса математики будет востребован при изучении динамических процессов в механических системах курса математического моделирования. В этом случае мы обращаемся к законам и принципам аналитической механики.

Приложения законов аналитической механики к изучению динамических процессов в механических системах приводят нас к анализу дифференциальных уравнений, которыми описываются эти процессы. Становится понятным значение раздела математики и дополнительных глав математики, посвященных изучению дифференциальных уравнений и методов их решения: аналитических методов, методов физических аналогий, приближенных методов численного интегрирования.

Выбор того или иного метода решения зависит от цели учебного исследования, от вида и структуры дифференциальных уравнений, которыми описывается изучаемый процесс. Так, например, для исследования особенностей движения вагона, вызванных влиянием колесных пар, может быть применена модель системы дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{cases} m_{\text{кп}}\ddot{y} + \frac{k}{v_{\text{п}}} \dot{y} - 2k\psi = 0, \\ I_z\ddot{\psi} + 2\frac{ks}{v_{\text{п}}}\dot{\psi} + 2\frac{ksn}{r}y = 0. \end{cases}$$

Исключение из этой системы уравнений одной из переменных величин, например ψ , последующее преобразование с учетом массы колесной пары, момента инерции колесной пары относительно оси вращения I_z , скорости движения состава $v_{\text{п}}$, ширины железнодорожной колеи s приводят систему к линейному однородному дифференциальному уравнению четвертого порядка с постоянными коэффициентами вида:

$$m_{\text{кп}}I_z \overset{\dots}{y} + \left(m_{\text{кп}}2\frac{ks^2}{v_{\text{п}}} + I_z2\frac{k}{v_{\text{п}}} \right) \overset{\dots}{y} + 4\frac{k^2s^2}{v_{\text{п}}^2} \overset{\dots}{y} + 4\frac{k^2sn}{r}y = 0$$

или

$$a_4 \overset{\dots}{y} + a_3 \overset{\dots}{y} + a_2 \overset{\dots}{y} + a_0 y = 0.$$

Известно, что общее решение уравнения четвертого порядка имеет вид:

$$y = \sum_1^4 C_i e^{\lambda_i t},$$

$$y = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + C_3 e^{\lambda_3 t} + C_4 e^{\lambda_4 t},$$

где λ_i — корни соответствующего характеристического уравнения.

Наличие корней с положительной вещественной частью свидетельствует о том, что колебания с течением времени постепенно нарастают и способствуют неустойчивости движения [1, с. 50–51].

Этот пример показывает, что базовые основы решения дифференциальных уравнений

и их систем, изучаемые в курсе математики на младших курсах, являются составной частью прикладного математического моделирования на старших курсах и востребованы при изучении динамических свойств механической системы. В целом связность базовых и прикладных математических знаний и способов действий вполне согласуется с принятой в педагогике триадой «знания → умения → навыки», но может быть дополнена отдельными признаками:

- система приобретаемых знаний, умений, навыков направлена на исследование поведения «искусственного» объекта, на изучение целесообразно функционирующих структур, осмысленных и создаваемых человеком;
- система навыков рассматривается не только как система интеллектуальных навыков, но и как система практических навыков, соответствующих характеру профессиональной деятельности инженера железнодорожной отрасли, что поддерживает познавательную мотивацию будущего специалиста;
- наличие системы нормативов, правил, регламентирующих техническое содержание и обслуживание, и знание их на уровне студента старшего курса сводят учебную, учебно-исследовательскую деятельность в статус определенной хорошо формализованной предметной области, способствуют формированию профессиональных компетенций;
- система представлений о прикладном содержании математического моделирования (абстрактно-теоретические, расчетные схемы устройств или их элементов, принципы конструктивного устройства и работы технических агрегатов, показатели надежности их функционирования и др.) позволяет более корректно применять математический аппарат;
- учет и сопряжение структурно-логических связей курса математики и специальных курсов специалитета, бакалавриата, определение допустимого соотношения объемов базовых и прикладных

теоретических знаний и практических умений, выбор или построение математической модели достаточно известными методами и средствами, проведение вычислительного эксперимента сохраняют и усиливают междисциплинарное взаимодействие.

Перечисленные признаки могут составить основу внутренней согласованности содержания с возможностью выполнять плановые учебные, учебно-исследовательские задачи более высокого порядка с опорой на единство математических и технических образов. Можно полагать, что междисциплинарность в обучении математическому моделированию трактуется как обеспечение связности математических и инженерно-технических знаний, способов действий с целью формирования у будущих специалистов представлений о надежности и безопасности функционирования технических систем железнодорожного транспорта. На наш взгляд, это только малая часть проработки стратегий междисциплинарности в обучении математическому моделированию.

Сформулируем основные выводы по содержанию, представленному в данной статье.

1. Открытость междисциплинарности в обучении математическому моделированию выражается в определенной «незавершенности» построения междисциплинарных стратегий, в необходимости постоянного поиска и разработки методологических подходов, методических приемов, средств профессиональной подготовки студентов, которые будут способны и готовы к применению междисциплинарных знаний и инструментов создания полезного, эффективного технического решения.
2. Базовое математическое содержание (там, где это уместно и возможно) должно внести свой вклад в формирование представлений будущего специалиста о характеристиках функционирования объектов железнодорожного транспорта на всех уровнях создания и эксплуатации (проектно-конструкторский, технологи-

- ческий при изготовлении и эксплуатации, научно-исследовательский при проектировании).
3. На текущем уровне представлений о междисциплинарности в обучении математическому моделированию (как обеспечение связности математических и инженерно-технических знаний, способов действий) выражены возможные последующие преобразования: каждый последующий уровень междисциплинарной компетенции будущего выпускника в условно выбранном масштабе определенной практической ситуации показывает становление их профессиональных компетенций.
 4. Технологическое решение дидактической задачи об оптимальности соотношений уровней теории и практики, использования инструментов классификации, группировки отдельных знаниевых компонент и способов действий, заложенных в предметном содержании учебных дисциплин может привести к новому практическому импульсу проработки междисциплинарности в обучении студентов математическому моделированию в структуре профессиональной подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вершинский С. В., Данилов В. Н., Челноков И. И.* Динамика вагона. Учебник для вузов ж.-д. транспорта. 2-е изд. М.: Транспорт, 1978. 352 с.
2. *Динабург С. Р.* Инструменты и ресурсы трансдисциплинарных стратегий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Культура. История. Философия. Право. 2016. № 1. С. 51-62.
3. *Князева Е. Н.* Трансдисциплинарные стратегии исследований // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. Т. 10. № 112. С. 193-201.
4. *Круковская Т. Ю.* Аналитико-синтетическая деятельность студентов в процессе математического моделирования технических систем и их элементов // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2018. № 2. С. 110–121. <https://www.doi.org/10.25588/CSPU.2018.02.11>
5. *Круковская Т. Ю.* Дидактические категории математического моделирования технических систем и их элементов // Теоретические и практические вопросы психологии и педагогики: сборник статей Международной научно-практической конференции (11 марта 2018 г., г. Новосибирск). Уфа: Omega Сайнс, 2018. С. 75–80.
6. *Круковская Т. Ю.* Интеграция математических и профильных дисциплин в профессиональной подготовке студентов вуза железнодорожной отрасли // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2019. № 193. С. 136-144.
7. *Круковская Т. Ю.* Информатизация образовательного процесса по дисциплине «Математическое моделирование» в профессиональной подготовке студентов вуза железнодорожной отрасли // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2021. № 201. С. 90-98. <https://www.doi.org/10.33910/1992-6464-2021-201-90-98>
8. *Круковская Т. Ю.* Оценка структурной связности системы аналитических средств и способов действий в процессе профессиональной подготовки студентов // Национальная ассоциация ученых. 2015. № 15-1 (15). С. 35–38.
9. *Кудрявцев Т. В.* Психология технического мышления (Процесс и способы решения технических задач). М.: Педагогика, 1975. 304 с.
10. *Московченко А. Д.* Философия автотрофной цивилизации. Проблемы интеграции естественных, гуманитарных и технических наук. 2-е изд., доп. Томск: Изд-во ТУСУРа, 2010. 263 с.
11. *Федорец Г. Ф.* Проблемы интеграции в теории и практике обучения (предпосылки, опыт). Л.: Изд-во ЛГПИ им. А. И. Герцена, 1989. 93 с.

REFERENCES

1. *Vershinskij S. V., Danilov V. N., Chelnokov I. I.* Dinamika vagona. Uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta. 2-e izd. M.: Transport, 1978. 352 s.

2. *Dinaburg S. R.* Instrumenty i resursy transdistsiplinarnykh strategij // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Kul'tura. Istoriya. Filosofiya. Pravo. 2016. № 1. S. 51–62.
3. *Knyazeva E. N.* Transdistsiplinarnye strategii issledovaniy // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2011. T. 10. № 112. S. 193–201.
4. *Krukovskaya T. Yu.* Analitiko-sinteticheskaya deyatel'nost' studentov v protsesse matematicheskogo modelirovaniya tekhnicheskikh sistem i ikh elementov // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2018. № 2. S. 110–121. <https://www.doi.org/10.25588/CSPU.2018.02.11>
5. *Krukovskaya T. Yu.* Didakticheskie kategorii matematicheskogo modelirovaniya tekhnicheskikh sistem i ikh elementov // Teoreticheskie i prakticheskie voprosy psikhologii i pedagogiki: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (11 marta 2018 g., g. Novosibirsk). Ufa: Omega Sajns, 2018. S. 75–80.
6. *Krukovskaya T. Yu.* Integratsiya matematicheskikh i profil'nykh distsiplin v professional'noj podgotovke studentov vuza zheleznodorozhnoj otrasli // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A. I. Gertsena. 2019. № 193. S. 136–144.
7. *Krukovskaya T. Yu.* Informatizatsiya obrazovatel'nogo protsessa po distsipline “Matematicheskoe modelirovanie” v professional'noj podgotovke studentov vuza zheleznodorozhnoj otrasli // Izvestiya Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A. I. Gertsena. 2021. № 201. S. 90–98. <https://www.doi.org/10.33910/1992-6464-2021-201-90-98>
8. *Krukovskaya T. Yu.* Otsenka strukturnoy svyaznosti sistemy analiticheskikh sredstv i sposobov dejstvij v protsesse professional'noj podgotovki studentov // Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh. 2015. № 15-1 (15). S. 35–38.
9. *Kudryavtsev T. V.* Psikhologiya tekhnicheskogo myshleniya (Protsess i sposoby resheniya tekhnicheskikh zadach). M.: Pedagogika, 1975. 304 s.
10. *Moskovchenko A. D.* Filosofiya avtotrofnoj tsivilizatsii. Problemy integratsii estestvennykh, gumanitarnykh i tekhnicheskikh nauk. 2-e izd., dop. Tomsk: Izd-vo TUSURa, 2010. 263 s.
11. *Fedorets G. F.* Problemy integratsii v teorii i praktike obucheniya (predposylki, opyt). L.: Izd-vo LGPI im. A. I. Gertsena, 1989. 93 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

КРУКОВСКАЯ Татьяна Юрьевна — *Tatyana Yu. Krukovskaya*

Омский государственный университет путей сообщения, Омск, Россия.

Omsk State Transport University, Omsk, Russia.

E-mail: tkrukovskaia@mail.ru

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики.

Поступила в редакцию: 28 августа 2022.

Прошла рецензирование: 2 марта 2023.

Принята к печати: 13 марта 2023.