

**Т.Ю. Круковская**

ORCID № 0000-0003-2621-3306, кандидат педагогических наук, доцент кафедры высшей математики, Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Российская Федерация. *E-mail*: tkrukovskaia@mail.ru

## **АНАЛИТИКО-СИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

### **Аннотация**

*Введение.* В статье обоснована необходимость применения основных логических операций как стороны мыслительной деятельности в контексте математического моделирования технических систем и их элементов. Подчеркнута нормативность технических знаний и технического труда, следствием которой является нормативность процесса математического моделирования технических систем и их элементов. Показаны психолого-педагогические основания математического моделирования технических систем и их элементов в рамках политехнического обучения.

Цель статьи – обосновать вопросы практического применения логических приемов познания, способствующих развитию аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов.

*Материалы и методы.* Основными методами исследования явились теоретический анализ основных логических операций как стороны мыслительной деятельности, подходов к вопросам преподавания математического моделирования и применения информационных технологий, частная методика преподавания математического моделирования в техническом вузе.

*Результаты.* Выявлена система критериальных оценок основных логических операций как стороны мыслительной деятельности студентов, показано их содержание, проведено наблюдение за одной из учебных групп студентов, обучающихся по направлению подготовки 221700 «Стандартизация и метрология», выполнен анализ индивидуализированных уровневых показателей аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов.

*Обсуждение.* Разработка предположения о структурировании логических приемов познания и их влиянии на развитие аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов привела к выявлению средств и способов учебных действий конкретной целевой направленности. Заслуживает внимания дальнейший поиск психолого-педагогических оснований переноса математических знаний, способов действий к исследованию технических систем и их элементов с применением информационных технологий.

*Заключение.* Полученные результаты свидетельствуют о том, что развитие аналитико-синтетической деятельности студентов становится возможным при сочетании определенных условий: структурно-логической последовательности изучения естественнонаучных дисциплин, наличия строго описанных компетенций профессиональной направленности, разработки системы критериальных оценок аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования и их содержательной проработки, готовности и приверженности студентов воспринимать системность предметного содержания изучаемой дисциплины. Анализ результативности применения системы логических приемов аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования

показал, что, с одной стороны, по отдельным знаниевым и процессуальным процедурам объективно не существует четких разделительных границ, с другой стороны – владение студентами отдельными абстрактными и практическими нормами, а мера и эффективность их применения способствуют развитию представлений о системности предметного содержания дисциплины.

**Ключевые слова:** компетентность профессиональной направленности, математическое моделирование, техническое знание, нормативность технического знания, основные операции как стороны мыслительной деятельности, знание как познание действительности, логические приемы познания анализа, синтеза.

**Основные положения:**

- определены психолого-педагогические основы дальнейшего развития аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов;
- проработаны отдельные свойства технических систем и их элементов, имеющие существенное влияние на знаниевую и процессуальную направленность развития аналитико-синтетической деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов;
- представлена структура и содержание элементов системы критериальных оценок.

### 1. Введение (Introduction)

Осмысление роли технических знаний и труда с учетом специфики взаимоотношений с другими областями научных знаний приводит нас к необходимости обоснования средств аналитико-синтетической учебной деятельности студентов, в том числе по дисциплинам, связанным с математическим моделированием технических систем и их элементов, в которых сильна формальная логика и присутствует четкая система предположений, доказательств, теорем и аксиом, принятых большинством специалистов или подразумеваемых по умолчанию. В этом отношении необходимая формализация предметного содержания дисциплины «Математическое моделирование» в полной мере может рассматриваться в контексте обоснования средств аналитико-синтетической учебной деятельности студентов, обеспечивающей достижение требуемого уровня компетенций профессиональной направленности [1; 2].

В технических науках и технической литературе, как правило, используются широкие толкования понятия математической модели и математического моделирования технических систем и их элементов.

Так, рассматривая моделирование различных процессов динамики механических систем, С.В. Вершинский подчеркивает, что «математическое модели-

рование есть такой вид моделирования, при котором исследуемая система и ее модель обладают различной физической сущностью, но уравнения, описывающие протекающие процессы, имеют одинаковый вид и отличаются только значениями коэффициентов и размерностями величин» [3, с. 283].

Автор упоминает о процессе построения моделей на основе принципа прямой математической аналогии и исследования самих математических аналогий.

Рассматривается также трактовка математической модели в связи с системой математических объектов (чисел, переменных, матриц, множеств и т.п.) и отношений между ними, подчеркивается приближенность описания реальных объектов [4].

В педагогике выделяется метод математического моделирования как один из видов специальных методов постижения действительности.

По мнению Б.Т. Лихачева, методы теоретического анализа, создаваемые обобщенные теоретические модели помогают проникать в глубинную сущность явлений, вскрывать объективные связи и зависимости. Исследователь подчеркивает значимость взаимодействия педагога и обучающихся в формировании теоретической модели, ибо именно на данном этапе обнаруживаются и проявляются те личные, собственные средства и способы действий студентов, которые

могут характеризовать их личное участие в процессе познания и соответствовать требуемым регламентированным компетенциям профессиональной направленности [5].

Рассуждая о психологических конструктах, связанных с идеей применения знаний и умений в новых ситуациях, Ю. А. Тюменева, И.В. Шкляева выделяют особую последовательность действий по построению адекватной математической модели какой-либо повседневной ситуации: это выявление ключевых элементов задачи и связей между ними; кодирование элементов ситуационной модели в математических терминах; выполнение математических вычислений и интерпретация ответа в терминах исходной «реальной» ситуации [6].

Как мы видим, масштабирование процесса математического моделирования за пределы технических систем и их элементов показывает универсальность метода математического моделирования по отношению к системам любой природы.

Строгая нормативность созидательной и эксплуатационной деятельности человека в технических знаниях и труде основана на базовых теоретических представлениях и инструментах проектно-конструкторской, технологической практик, черты которых соответствуют фундаментальным принципам технической достижимости тех или иных искусственных систем, размечают границы возможного и невозможного, реализуемого и нереализуемого, показывают оптимальное и неоптимальное, технически эффективное или неэффективное решение [7].

Свойство нормативности технический знаний оказывает свое влияние на процесс осознанного выбора студентами адекватной целям моделирования области знания, способов действий, мыслительного конструирования математической модели и ее тестирования. Более того, свойство нормативности технических знаний требует не основываться на искусственных, трудно проверяемых гипотезах, а постоянно следить за наличием и характером функциональных зависимостей, следуя правилу обеспечения

сохранности зависимости изменения направления и скорости одних переменных от изменения направления и скорости других, что дает возможность более глубоко понимать физический смысл и корректность соотношений математических моделей. Необходимым также является контроль поведения модели при начальных и граничных условиях, действию типовых входных сигналов, получении побочных эффектов и результатов, анализ которых может привести к новым направлениям в исследованиях или к перестройке самой модели [8].

Полиномативный характер технического знания и технического труда рассматривается Е.В. Ушаковым, который утверждает также, что «специфическая черта технического знания состоит в том, что оно включено в сложные нормативные системы» [9, с. 116].

Обращаясь к научному наследию Т.В. Кудрявцева, связанного с психологической проблематикой политехнического обучения, усвоения и применения технических знаний, мы можем увидеть, что учебная деятельность в техническом образовании в своих существенных проявлениях обладает специфическими особенностями. Автор уверен в том, что проработка вариантов решения задачи существенна, но подчинена скорее дидактическим целям и задачам, а не производственно-техническим целям, хотя и учитывает их; решение технической задачи не ограничивается только разработкой описательной технической документации, а сопровождается созданием натурального образца или модели, переходом студентов в своих учебных достижениях к знаниям, умениям и навыкам более высокого порядка с выходом на технологический уровень; реализация технического задания выполняется одним человеком или группой лиц в едином цикле в целях формирования целостного технического образа с гарантированным результатом функционирования и его очевидной эффективностью [10].

Обоснование средств аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в области математического моделирования нуждается в схемах, спо-

собных объединить в единое функциональное поле математическую, проектно-конструкторскую, технологическую, эксплуатационную практики и основы знаний, а также применение прикладных программных средств, что влечет за собой раскрытие многообразия основных существенных операций как стороны мыслительной деятельности [11–13].

В этом отношении вызывает интерес научное наследие С.Л. Рубинштейна, по мнению которого, познающему субъекту исходная ситуация предъявлена неадекватно, в случайном аспекте, в несущественных связях, в то время как для решения проблемы необходимо осуществить переход к более адекватному познанию, который должен быть осуществлен через проработку многообразных мыслительных операций.

Автор утверждает, что «...к более адекватному познанию предмета и разрешению стоящей перед ним задачи мышление идет посредством многообразных операций, составляющих различные взаимосвязанные и друг в друга переходящие стороны мыслительного процесса» [14, с. 377].

В этом утверждении для нас важным представляется именно многообразие мыслительных операций: абстрагирование и идеализация, логика, очевидность и наблюдаемость реальности, техническая интуиция и творческое воображение, осознаваемая целесообразность, определенность и информативность ситуации, взятые в совокупности и во взаимосвязи. Целостное единство мыслительных операций раскрывает дидактические возможности обоснования средств аналитико-синтетической учебной деятельности студентов, столь важной для освоения компетенций профессиональной направленности.

В дальнейшем, считая, что математическая модель есть совокупность математических средств, которая описывает статические, динамические свойства технической системы и ее элементов, будем рассматривать процесс математического моделирования в дидактическом понимании, т.е. в таком, когда знания и их осмысление, оперирование логическими приемами познания, поэтапное

создание и практическое применение математической модели в учебной деятельности студентов способствуют переходу к аналитико-синтетической учебной деятельности в контексте математического моделирования простых технических систем и их элементов.

## 2. Материалы и методы (Materials and Methods)

Характер применяемых материалов и методов определяется целевыми установками дисциплины, учебными планами, логической последовательностью дисциплин, изучаемых студентами второго курса по направлению подготовки 221700 «Стандартизация и метрология», а также психолого-педагогическими представлениями об основных мыслительных операциях как стороны мыслительной деятельности. Нами были выделены следующие наиболее существенные целевые установки дисциплины «Математическое моделирование»:

- обеспечение подготовки практического способа деятельности в применении основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
- обеспечение теоретической и практической подготовки в моделировании и реализации задач проектирования в математическом виде и на моделях, а также в их численном исследовании на основе прикладного программного обеспечения;
- формирование представлений, знаний, умений и способов действий при изучении основ математического моделирования;
- получение навыков применения методов анализа данных и математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования технических систем и их элементов, процессов.

Решение задач подобной целевой направленности становится возможным с опорой на изучаемые студентами предшествующие дисциплины: «Математика» в рамках раздела «Линейная алгебра», «Физика», «Теоретическая механика», «Основы информационной культуры», «Методы и средства измерений и контроля», «Прикладное программирование». Структурно-логическая схема знаний

этих предметных областей позволяет во взаимодействии преподавателя и обучающихся перейти на технологические уровни умений и навыков, способы действий математического моделирования, среди которых, на наш взгляд, можно выделить следующие:

- выделять и применять базовые математические, технические элементы системы средств и способов действий, ориентированные на решение конкретной практической задачи;
- создавать и описывать систему базовых элементов технической системы в целостности (как в статике, так и в динамике) с учетом всего разнообразия их свойств и взаимосвязей, ориентированную на решение конкретной практической задачи математического моделирования;
- применять средства и способы действий прикладных программных средств;

- применять ранее усвоенные знания в новых условиях решения конкретной практической задачи математического моделирования;

- интерпретировать и критически оценивать результат решения, а также предлагать самооценку эффективности решения конкретной практической задачи математического моделирования.

Важным фактором обоснования применения материалов и методов также является интеграция математических, технических знаний, методов и средств программного обеспечения, что позволяет сформировать и содержательно раскрыть качественные критериальные оценки аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования, схема которой показана на рис. 1.



**Рис. 1. Качественные категориальные оценки основных операций математического моделирования как стороны мыслительной деятельности студентов**

**Fig. 1. Qualitative categorical assessments of the basic operations of mathematical modeling as a side of students mental activity**

Практическое применение выявленной системы оценок было осуществлено в рамках изучения одного из разделов дисциплины – «Моделирование и анализ статических состояний технических систем. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом простой итерации». Значимость данного раздела содержания дисциплины объясняется востребованным и широко используе-

мым подходом: значительная доля всего объема вычислительных работ при численном моделировании технических систем, физических явлений и технологических процессов приходится на решение систем линейных алгебраических уравнений, возникающих при дискретизации соответствующих дифференциальных или интегро-дифференциальных уравнений [15].



шего элементами новизны образа, могут сделать описание математической модели на языке предметной области, выйти за пределы предметного содержания и привлечь сведения, представления, понятия, знания из смежных предметных областей, составить план математического моделирования и др.

В частности, в рамках рассматриваемого раздела можно выделить такие проявления синтеза: студенты предлагают разработанный самостоятельно вариант математического моделирования колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы, создают адекватную техническому объекту систему линейных алгебраических уравнений, осуществляют проверку необходимых условий применимости и сходимости итерационного процесса, могут реализовать аналитическое решение системы уравнений общего вида, обосновать и оценить результат решения в целом и по отдельным алгоритмическим этапам, применяют встроенные функции **Isolve**, **Minner**, вычислительный блок **Given-Find**, используют средства визуализации данных в виде графиков, отображающих зависимости от одной (двух) переменных системы MathCAD и др.

В качестве основы обоснования результата применения основных существенных операций как стороны мыслительной деятельности студентов при изучении одного из разделов «Моделирование и анализ статических состояний технических систем. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом простой итерации» была использована модель аксиоматической теории в математике [20].

Конкретизация аксиоматической теории в математике и ее дидактическая проработка позволили нам алгоритмически описать и предложить студентам методические указания практического поэтапного преобразования исходного состояния объекта моделирования и оформления в виде документа системы MathCAD, фрагмент которого представлен на рис. 2 (см. с. 117).

Наличие практических работ по каждому из разделов в виде документа

системы MathCAD является необходимым условием текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине «Математическое моделирование», а совокупность отчетных документов создают для нас представление о степени достижения уровней развития аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов.

### 3. Результаты (Results)

Наблюдаемые свойства технических систем и их элементов, конструкторская и технологическая нормативность, требования к процессу математического моделирования и создаваемым моделям оказывают целенаправленное влияние на поиск системы средств аналитико-синтетической учебной деятельности студентов, позволяющих вникать в структуру и внутреннюю логику моделируемых технических систем и их элементов на технологическом уровне.

В таких условиях от студентов требуется, чтобы они не только умели находить и свободно применять средства для решения поставленных задач и достижения целей освоения предметного содержания в рамках учебного курса, но и могли надлежащим образом определить их значимость и практическую пригодность в решении прикладных задач будущей профессиональной деятельности. Это довольно сложная дидактическая задача. Сложность ее становится понятной, если учесть строгую регламентированность учебного плана, наблюдаемость отдельных фактов отсутствия у студентов представлений о взаимной связи между средствами математического моделирования и исследуемой реальности, готовности и приверженности студентов воспринимать системность предметного содержания изучаемой дисциплины.

Тем не менее можно говорить об отдельных результатах наблюдения. Исследуемая нами учебная группа студентов показала следующее уровневое распределение: высокий уровень (25% студентов хорошо освоили основные логические приемы, способны не только на эмпирическое, но и на теоретическое обобщение,

$$1. \quad \underline{\underline{A}} := \begin{pmatrix} -6 & 2 & 3 \\ 3 & 1 & -5 \\ 2 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{f}} := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad |A| = -38$$

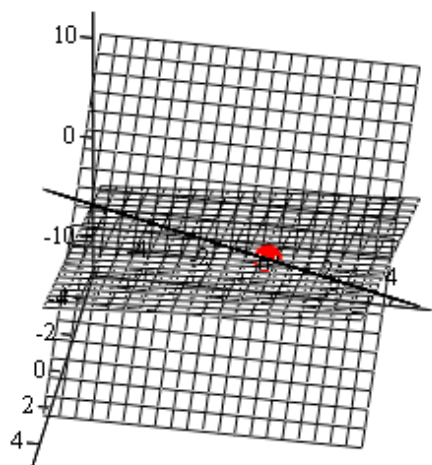
$$3. \quad \underline{\underline{r}} := \text{lsolve}(\underline{\underline{A}}, \underline{\underline{f}}) \quad \underline{\underline{r}} = \begin{pmatrix} 0.368 \\ 1.211 \\ 0.263 \end{pmatrix}$$

$$\text{Point}(x1, y1, z1, x2, y2, z2) := \begin{pmatrix} x1 & x2 \\ y1 & y2 \\ z1 & z2 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{P}} := \text{Point}(r_0, r_1, r_2, r_0, r_1, r_2)$$

$$2. \quad z1(x, y) := \frac{f_0 - A_{0,0} \cdot x - A_{0,1} \cdot y}{A_{0,2}}$$

$$z2(x, y) := \frac{f_0 - A_{1,0} \cdot x - A_{1,1} \cdot y}{A_{1,2}}$$

$$z3(x, y) := \frac{f_0 - A_{2,0} \cdot x - A_{2,1} \cdot y}{A_{2,2}}$$



$z1, z2, z3, P$

+

**Рис. 2.** Фрагмент отчета результата математического моделирования статических состояний технических систем методом простой итерации

**Fig. 2.** Excerpt from the report of the results of mathematical modeling of static States of technical systems by the method of simple iteration

могут устанавливать функциональные связи и отношения, отображать их в виде схем, планарных графов), средний уровень (42% студентов показали недостаточно развитые умения анализировать, синтезировать, делать обобщенный вывод, устанавливать связи и отношения, требуют внимания со стороны преподавателя, незначительной помощи в процессе решения задачи, для этой категории студентов возможен переход на более высокий уровень от задач репродуктивного типа к продуктивному при активной поддержке со стороны преподавателя как в эмоциональном плане, так и в функциональном), низкий уровень (33% студентов не владеют в не-

обходимой степени умственными операциями анализа, синтеза, обобщения, не могут самостоятельно выполнить задание, требуют эмоциональной и функциональной поддержки со стороны преподавателя, создания мотивации, применения разнообразных стимулирующих приемов).

В качестве основного результата можно показать, что существует зависимость между связностью структур основных логических операций как стороны мыслительной деятельности и показателями аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов. Однако



исследование такой зависимости представляет собой постановку и решение другой задачи и выходит за пределы рассматриваемого вопроса.

#### 4. Обсуждение (Discussion)

Опыт практической работы в организации процесса математического моделирования технических систем показывает, что существует ряд обсуждаемых вопросов, способствующих решению задачи дальнейшего развития аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в контексте математического моделирования технических систем и их элементов.

Так, на наш взгляд, обязательными условиями решения этой задачи являются следующие:

- соблюдение логической последовательности изучения предшествующих и последующих дисциплин;
- обеспечение целостного единства знаний о технических системах и их элементах, математических знаний как опоры моделирования, знаний программных средств, приемов и способов действий целевой направленности;
- целесообразный подбор конкретных практических заданий, содержание которых отражает характер компетенции профессиональной направленности;
- обеспечение дидактических принципов понятности и доступности предметного содержания;
- обеспечение оптимального сочетания средств, способов действий аналитико-синтетической деятельности студентов и др.

Дальнейшей проработки требуют вопросы организации математического моделирования в рамках учебных, учебно-

исследовательских работ, программ, проектов для обучения студентов приемам решения практических задач, в том числе нестандартных.

#### 5. Заключение (Conclusion)

Основные психолого-педагогические идеи относительно аналитико-синтетической деятельности студентов, вопросы психологической проблематики политехнического обучения позволили создать опору в наших рассуждениях и перейти к системе качественных критериальных оценок по отдельным знаниевым и процессуальным процедурам достижения регламентированных компетенций профессиональной направленности в рамках изучения математического моделирования.

Характер полинормативности технических знаний и труда, свойства технических систем и их элементов нашли свое отражение в особенностях процесса математического моделирования и создаваемых математических моделей, в частности, проявляется соотносительность природы технической системы и ее элементов по отношению к содержательному наполнению и адекватному выбору инструментальных средств математического моделирования.

Объективные условия изучения дисциплины «Математическое моделирование», регламентированные учебными планами профессиональной подготовки в целом способствовали созданию элементов образовательной технологии развития аналитико-синтетической учебной деятельности студентов в процессе изучения процедур математического моделирования с учетом компетенций профессиональной направленности.

#### Библиографический список

1. Зарубин, В.С. Особенности математического моделирования технических устройств [Текст] / В.С. Зарубин, Г.Н. Кувыркин // Математическое моделирование и численные методы. – 2014. – № 1 (1). – С. 5–17.
2. Галиев, И.И. Динамика подвижного состава [Текст]: методические указания к выполнению лабораторных работ по динамике подвижного состава / И.И. Галиев, В.А. Нехаев, Е.А. Самохвалов, В.Н. Ушак; Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2001. – 20 с.
3. Вершинский, С.В. Динамика вагонов [Текст] / С.В. Вершинский, В.Н. Данилов, И.И. Челноков. – М.: Транспорт, 1972. – 304 с.
4. Самарский А.А. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры [Текст] / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.

5. Лихачев Б.Т. Педагогика [Текст]: курс лекций / Б.Т. Лихачев; под ред. В.А. Сластенина. – М.: ВЛАДОС, 2010. – 647 с.
6. Тюменева, Ю.А. Два подхода к пониманию «применения знаний»: трансфер и моделирование. Обзор литературы и критика [Текст] / Ю.А. Тюменева, И.В. Шкляева // Вопросы образования. – 2016. – № 3. – С. 8–33. DOI: 10.17323/1814-9545-2016-3-8-33.
7. Федоров К.В. Машиностроение: энциклопедия [Текст]: в 40 т. Том 1–3. Кн. 2. Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин / К.В. Федоров, К.С. Колесников. – М.: Машиностроение, 1995. – 622 с.
8. Аюпов, В.В. Математическое моделирование технических систем [Текст]: учебное пособие / В.В. Аюпов. – Пермь: Прокрость, 2017. – 242 с.
9. Ушаков, Е.В. Философия техники и технологии [Текст]: учебник для бакалавриата и магистратуры / Е.В. Ушаков. – М.: Юрайт, 2017. – 307 с.
10. Кудрявцев, Т.В. Психология технического мышления. (Процесс и способы решения технических задач) [Текст]: монография / Т.В. Кудрявцев. – М.: Педагогика, 1975. – 647 с.
11. Круковская, Т.Ю. Применение метода анализа структурной связности симплицальных комплексов в приложении к задачам исследования систем, средств и способов учебных действий в процессе профессиональной подготовки студентов [Текст] / Т.Ю. Круковская // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2014. – № 7. – С. 122–130.
12. Круковская, Т.Ю. Оценка структурной связности системы аналитических средств и способов действий в процессе профессиональной подготовки студентов [Текст] / Т.Ю. Круковская // Национальная Ассоциация Ученых. – 2015. – № 15-1. – С. 35–38.
13. Круковская, Т.Ю. Математическое моделирование как условие проектирования качественной системы дидактических средств формирования компетенций [Текст] / Т.Ю. Круковская // Innovations and modern pedagogical technologies in the education system: materials of the VIII international scientific conference on February 20–21, 2018. – Prague: Videcko vydavatelski centrum “Sociosfiga-CZ”, 2018. – С. 42–44.
14. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии [Текст]: в 2 т. Т. 1 / С.Л. Рубинштейн. – М.: Педагогика, 1989. – 488 с.
15. Марчевский, И.К. Анализ эффективности итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений, реализованных в пакете OpenFOAM [Текст] / И.К. Марчевский, В.В. Пузикова // Математическое моделирование и численные методы. – 2014. – № 4 (4). – С. 37–52.
16. Амосов, А.А. Вычислительные методы [Текст]: учебное пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. – СПб.: Лань, 2014. – 672 с.
17. Пирумов, У.Г. Численные методы [Текст]: учебник и практикум для академического бакалавриата / У.Г. Пирумов [и др.]; под ред. У.Г. Пирумова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2018. – 421 с.
18. Очков, В.Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров: русская версия [Текст] / В.Ф. Очков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
19. Анисимов, О.С. Методология: функция, сущность, становление (динамика и связь времен) [Текст] / О.С. Анисимов. – М.: ЛМА, 1996. – 380 с.
20. Вечтомов, Е.М. Философия математики [Текст]: монография / Е.М. Вечтомов. – Киров: Радуга-ПРЕСС, 2013. – 307 с.

### **T. Yu. Krukovskaya**

ORCID No. 0000-0003-2621-3306, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor at the Department of Higher Mathematics, Omsk State Railway Engineering University, Omsk, Russia. *E-mail:* tkrukovskaia@mail.ru

## **STUDENTS' ANALITIC AND SYNTHETIC ACTIVITIES IN THE PROCESS OF MATHEMATICAL MODELING OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS AND THEIR ELEMENTS**

### **Abstract**

*Introduction.* The paper substantiates the necessity of applying basic logical operations as aspects of mental activities to the context of mathematical modeling of technological systems and their elements.

The emphasized normative character of technical knowledge and labor leads to the standardization of the process of mathematical modeling of technological systems and their elements. The paper also presents psychological and pedagogical foundations of mathematical modeling of technological systems and their elements as part of polytechnic training.

*Materials and Methods.* The research is based on theoretical analysis of the following: basic logical operations as aspects of the mental activity, the approach to teaching mathematical modeling and the use of IT solutions in teaching, individual methods of teaching mathematical modeling as part of technical education.

*Results.* The paper defines the criterion score system in assessing basic logical operations as parts of students' mental activity. The components of the criterion score system are described. The research also presents the observations of a group of students whose specialty is «Standardization and Metrology». The observations are followed by the analysis of students' indices of their analytic and synthetic activities as learners in the context of mathematical modeling of technological systems and their elements.

*Discussion.* The hypothesis about structuring cognitive processes and the influence of cognitive logic on students' analytic and synthetic activities in the process of mathematical modeling of technological systems and their elements unraveled various means and instruments of performing specifically targeted educational activities. The opportunities of the further research are mentioned: psychological and pedagogic bases of transferring mathematical knowledge and modus operandi to exploring technological systems and the elements of the latter with the use of IT solutions require further scientific attention.

*Conclusion.* The results of the research confirm that development of students' analytic and synthetic activities becomes possible due to the combination of the following conditions: structural and logical sequence of actions in studying natural science subjects, existence of the detailed inventory of professional orientation competencies, developed criterion score system in assessing basic logical operations as parts of students' mental activity and their readiness to perceive the complexity of the subject under study. The analysis showed that, on the one hand, there are no strict boundaries between specific knowledge procedures. On the other hand, the use of certain theoretical and practical standards develop students' idea of the complexity of the content area of the subject.

**Keywords:** professional orientation competence, mathematical modeling, technical knowledge, normative technical knowledge, basic operations as aspect of mental activity, knowledge as cognition of reality, logical methods of analysis and synthesis of knowledge.

**Highlights:**

- Psychological and pedagogical bases of developing students' analytical and synthetic educational activities are defined in the context of mathematical modeling of technological systems and their elements;
- Specific properties of technological systems and their elements, which have a significant impact on the knowledge and procedural focus of students' analytical and synthetic educational activities in the context of mathematical modeling, are presented;
- Structure and the elements of the criteria-based assessment system are described in the paper.

### References

1. Zarubin V.S., Kuyrkin G.N. (2014) Osobnosti matematicheskogo modelirovaniya tekhnicheskikh ustroystv [Features of mathematical modeling of technical devices] *Matematicheskoe modelirovanie i chislennyye metody*. 1(1), 5–17. (In Russian).
2. Galiev, I.I., Nekhaev V.A., Samokhvalov E.A., Ushakov V.N. (2001) *Dinamika podvizhnogo sostava* [Dynamics of the rolling stock] Omsk, Omsky gos. universitet putey soobtscheniya (In Russian).
3. Vershinsky S.V. (1972) *Dinamika vagonov* [Dynamics of the railway vehicle] Moscow, Transport (In Russian).
4. Samarsky A.A., Mikhailov A.P. (2001). *Matematicheskoe modelirovanie: idei, metody, primery* [Mathematical modeling: Ideas, Methods, and Examples]. Moscow, Fizmatlit (In Russian).

5. Lihachev B.T. (2010) *Pedagogika: kurs lektsiy* [Pedagogics: a course of lectures] Moscow, VLADOS (In Russian).
6. Tyumeneva Y.A., Shklyeva, I. (2016) Dva podkhoda k ponimaniyu primeneniya znany: transfer i modelirovanie [Two approaches to the concept of knowledge application: transfer and modelling] *Voprosy Obrazovaniya*. 8–33. DOI: 10.17323/1814-9545-2016-3-8-33 (In Russian).
7. Fedorov K.V., Kolesnikov K. S. (1995) *Mashinostroenie: jentsiklopediya* [Mechanical engineering: encyclopedia] Moscow, Mashinostroenie. (In Russian).
8. Ayupov V.V. (2017). *Matematicheskoe modelirovanie tekhnicheskikh sistem* [Mathematical modeling of technical systems] Perm', Prokrost' (In Russian).
9. Ushakov E.V. (2017) *Filosofiya tekhniki i tekhnologii* [Philosophy of engineering and technology] Moscow, Jurait. (In Russian).
10. Kudryavtsev T.V. (1975) *Psikhologiya tekhnicheskogo myshleniya* [Psychology of technical thinking] Moscow, Pedagogika (In Russian).
11. Krukovskaya T.Yu. (2014). Primenenie metoda analiza strukturnoy svyaznosti simplitsial'nykh kompleksov v prilozhenii k zadacham issledovaniya system, sredstv i sposobov uchebnykh deystvy v protsesse professional'noy podgotovki studentov [Application of the method of structural connectivity analysis of simplicial complexes in the application to the research of systems, tools and methods of educational actions in the process of training students] *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 7, 122–130. (In Russian).
12. Krukovskaya T.Yu. (2015). Otsenka strukturnoy svyaznosti sistemy analiticheskikh sredstv i sposobov deystvy v protsesse professional'noy podgotovki studentov [Evaluation of the structural coherence of the system of analytical tools and methods in the process of training students] *The National Association Of Scholars*. (15-1), 35–38. (In Russian).
13. Krukovskaya T.Yu. (2018) Matematicheskoe modelirovanie kak uslovie proektirovaniya kachestvennoy sistemy didakticheskikh sredstv formirovaniya kompetentsiy [Mathematical modeling as a condition for designing quality system of didactic means aimed at forming competencies] *Prague: Vudecko vydavatel'sku centrum «Sociosfura-CZ»*. (20-21), 42–44. (In Russian).
14. Rubinstein S.L. (1989) *Osnovy obshchey psikhologii* [Fundamentals of General psychology] Moscow, Pedagogika. (In Russian).
15. Marchevsky I.K., Puzikova V.V. (2014) Analiz jeffektivnosti iteratsionnykh metodov resheniya system lineynykh algebraicheskikh uravneniy, realizovannykh v pakete OpenFOAM [Analysis of the efficiency of iterative methods for solving systems of linear algebraic equations implemented in the OpenFOAM package] *Mathematical modelling and numerical methods*. 4(4), 37–52. (In Russian).
16. Amosov A.A., Dubinsky Yu.A., Kopchenova N.V. (2014) *Vychislitel'nye metody* [Computational method] Saint Petersburg, Lan'. (In Russian).
17. Pirumov U.G. (2018). *Chislennyye metody* [Numerical methods] Moscow, Yurayt Publishing House. (In Russian).
18. Ochkov V.F. (2009). *Mathcad 14 dlya studentov i inzhenerov* [Mathcad 14 for students and engineers] Saint Petersburg, BHV-Peterburg. (In Russian).
19. Anisimov O.S. (1996) *Metodologiya: funktsiya, sutschnost', stanovlenie* [Methodology: function, essence, formation] Moscow, LMA. (In Russian).
20. Vechtomov E.M. (2013). *Filosofiya matematiki* [Philosophy of mathematics] Kirov, Raduga-PRESS. (In Russian).