

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Н. В. Бровка¹

¹ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
220030, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, д. 4*

Аннотация

Статья посвящена описанию дидактических подходов, которые позволяют осуществлять интеграцию теории и практики обучения студентов математических специальностей посредством актуализации содержательных внутри- и междисциплинарных связей математических дисциплин и информатики.

Приведены способы реализации когнитивной визуализации с учетом специфики математики и информатики, а также уточнены трактовки межпредметных связей (как категории дидактики обучения) и наглядного моделирования применительно к обучению математике.

В работе описан вариант организации содержания в компьютерных средствах обучения (КСО) математическому анализу студентов классического университета. Содержание этого курса в том или ином объеме является обязательным компонентом математической подготовки в вузах, преимущественно связано с содержанием курса школьной математики и широко используется в прикладных задачах.

На основе анализа семантики, логики построения формулировок математических свойств, которые повторяются применительно к различным математическим объектам, представлен вариант содержательно-дидактической кластеризации, при которой такие понятия, как «сходимость», «равномерная сходимость», «дифференцируемость» и др., выступают паттернами в организации содержания компьютерных средств обучения.

Ключевые слова: классический университет, информатизация, содержательно-дидактическая кластеризация, наглядное моделирование, математический анализ.

DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-1-34-41

Для цитирования:

Бровка Н. В. Дидактические особенности организации компьютерных средств обучения студентов математических специальностей // Информатика и образование. 2020. № 1. С. 34–41.

Статья поступила в редакцию: 14 ноября 2019 года.

Статья принята к печати: 21 января 2020 года.

Сведения об авторе

Бровка Наталья Владимировна, доктор пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры теории функций, механико-математический факультет, Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь; n_br@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8106-4318

1. Введение

Объективный характер укрепления позиций высшего образования обусловлен тенденцией NBIC-конвергенции (от *англ.* N — нано, B — био, I — инфо, C — когно), которая выражается в нарастании взаимосвязей когнитивных наук, био-, нано- и информационно-коммуникационных технологий и имеет следствием развитие STEM-образования (от *англ.* Science — наука, Technology — технологии, Engineering — инженерия, Mathematics — математика) [1, 2]. Согласно положениям обобщающего исследования фундаментальных и прикладных аспектов информатизации современного образования, совершенствование педагогических теорий, разработка новых методических подходов и методических систем обучения, реализующих дидактические возможности информационно-коммуникационных технологий, осуществляется как в отношении изменения парадигм учебно-информационного взаимодействия между субъектами образовательного процесса и интерактивными источниками учебной информации,

так и в отношении организации информационной деятельности в условиях протекания виртуальных процессов [3, 4].

Известно, что по объекту изучения науки делят на естественные, изучающие природу во всем многообразии ее проявлений, и общественные (или гуманитарные), изучающие общество и различные общественные явления. По степени связи с деятельностью людей науки можно разделять на фундаментальные (математика, физика, химия, биология, логика и т. д.), связанные с общественной практикой опосредованно, и прикладные (или технические), связанные с практикой непосредственно (электротехника, агрономия, медицина и др.). Вместе с тем информатизация и математизация наук и различных сфер общественной деятельности свидетельствуют о том, что информатика и математика занимают особое положение вне зависимости от того, по какому признаку осуществляется классификация, поскольку они относятся к сфере мыслительной деятельности, опираются на своеобразные символические языки и результатом исследований и разработок в этих

науках выступают продукты интеллектуальной деятельности [5].

Информатика как наука об общих свойствах, закономерностях и методах обработки, поиска, передачи, хранения и использования информации с помощью компьютерных средств и технологий, а также область человеческой деятельности, связанной с их применением, приобретает все большую значимость. В контексте информатизации образования важно, что сочетание закономерностей мыслительной деятельности и технических достижений становится также аппаратом развития, изменения, расширения границ познания, учения, преобразовательной деятельности, самообразования и саморазвития.

В этих условиях становится все более актуальной задача подготовки специалиста, который наряду с академическими компетенциями овладевает компетенциями оптимального использования возможностей компьютерных технологий для решения профессионально-ориентированных задач, способен анализировать, отбирать, объединять и систематизировать разнообразные компоненты научного знания. Программы подготовки студентов математических специальностей предусматривают значительный объем фундаментальных математических дисциплин, составляющих инвариантное ядро обучения, а также ряд дисциплин информатики, перечень и содержание которых изменяются достаточно динамично.

В связи с этим на первый план выдвигается задача реализации интеграции теории и практики обучения студентов математике с использованием возможностей компьютерных технологий как средств повышения эффективности их образовательной подготовки.

2. Актуальность и обоснование выявления дидактических особенностей организации компьютерных средств обучения (КСО) студентов математике

Как отмечается в научно-методической литературе, к актуальным направлениям информатизации образования относятся: концептуализация использования возможностей цифровых технологий, анализ целесообразности их включения в образовательный процесс с позиций оценки продуктивности освоения содержания обучения, фундаментализации подготовки, учета уровневой дифференциации обучающихся, оптимизации взаимодействия субъектов образовательного процесса [3, 6–9]. Изучение диссертационных работ, публикаций последних лет, собственный опыт работы и результаты анкетирования студентов свидетельствуют о том, что такие компьютерные средства обучения, как презентации, подкастинг, тестовые задания с выборочной формой ответа, наиболее востребованы студентами в качестве вспомогательных средств самоподготовки, прежде всего, на уровне репродуктивного освоения содержания [10, 11]. Обеспечение полноты, цельности и дина-

мичности организации содержания в компьютерных средствах обучения достигается в том случае, если методология их разработки предполагает:

- полипарадигмальность, состоящую в опоре на совокупность подходов (компетентностного, системного, личностно-ориентированного, конструктивистского, кибернетического и др.);
- опору на положения когнитивных теорий, требования оптимальной информационной насыщенности и эргономичности на основе целесообразного сочетания текстовой, символической, графической и динамической форм представления содержания и инфографики применительно к содержанию математических дисциплин.

В сложившейся образовательной практике существует определенный разрыв между способами организации, включения в учебный процесс содержания фундаментальных математических дисциплин и возможностями, которые предоставляют сегодня компьютерные технологии.

На математическом факультете изучаются: математический анализ, аналитическая и дифференциальная геометрия, уравнения математической физики, теория функций комплексного переменного, функциональный анализ, алгебра, дискретная математика, теория вероятностей и многие другие разделы математики. Все они, являясь ветвями математической науки, обладают рядом одних и тех же характерных особенностей. Обобщая и систематизируя результаты исследований по этому вопросу, можно выделить следующие основные характерные особенности математики как науки и учебного предмета: абстрактность, логичность, доказательность выводов, единство частей, алгоритмичность некоторых утверждений, совершенство символического языка, универсальная применимость аппарата, вероятная невозможность эмпирической проверки истинности некоторых математических утверждений [9, 12, 13]. Этими особенностями и обусловлена возрастающая роль математики как непревзойденного инструмента моделирования, описания и прогнозирования динамики различных процессов. Изменения, происходящие в математике, касаются в первую очередь специальных, частных вопросов. Фундаментальные основы научного знания изменяются достаточно медленно и касаются не отмены уже известных закономерностей, а уточнения границ и способов применимости известного в изменяющемся и обновляющемся знании. Изучение соотношения фундаментального и динамичного изменяющегося знания приводит к развитию мировоззрения студентов. Содержание учебного предмета предполагает ответ на вопрос, «как, каким образом» вычислить, преобразовать, найти, исследовать — в математике; составить, разработать, протестировать — в информатике; научить — в методике обучения. Ответы на два ключевых вопроса — «каким образом...» и «почему» некоторый способ целесообразен — в математике, разработанный метод или алгоритм оптимален — в информатике, такое обучение продуктивно — в ме-

тодике как теории обучения, расширяя и углубляя содержание учебного предмета, приближают его к содержанию соответствующей науки (математики, информатики или теории и методики обучения).

В математике господствует язык формальной логики, а использование компьютерных технологий позволяет подключить язык семантических сетей (представления информации в виде знаково-символьных схем, графов и др.) и язык фреймовых моделей — шаблонов организации информации, которые допускают вариации изучаемого математического объекта или их совокупности с опорой на устойчивые связи между их компонентами.

Тем самым актуализируются проблемы обновления ценностно-смысловых подходов, научно-методического и организационно-практического обеспечения образовательного процесса в вузах с учетом специфики математики и информатики, что и является важным ключевым требованием к научно-методическим исследованиям по специальности 13.00.02 «Теория и методика обучения (и воспитания) математике и информатике». Речь идет об информатике как науке, которая на основе сочетания закономерностей мыслительной деятельности и технических достижений становится также аппаратом расширения границ познания, обогащения других наук и, следовательно, развития и обогащения возможностей университетской образовательной среды.

В контексте повышения эффективности образовательной подготовки студентов математических специальностей, на наш взгляд, наибольшую практическую значимость имеют разработки, которые предусматривают:

- научно-методически обоснованную дифференциацию содержания по различным уровням информационной насыщенности и сложности материала [8, 9, 14];
- систему адаптивной диагностики, коррекции и контроля знаний, включающую обеспечение мониторинга личных достижений студента и функции внешнего управления со стороны преподавателя на основе учета индивидуальных особенностей студента — его уровня подготовки, способа и скорости восприятия и т. д. [15, 16];
- создание электронных средств обучения на основе наглядного моделирования, целенаправленной и целесообразной актуализации семантических внутридисциплинарных и междисциплинарных связей содержания математических дисциплин, включающей учет уровня исходной математической подготовки студентов [17–21].

Коснемся третьей из указанных позиций, связанной с организацией содержания в компьютерных средствах обучения посредством наглядного моделирования межпредметных (внутри-, меж- и трансдисциплинарных) связей, которые выступают средствами систематизации понятийного аппарата и «сворачивания» содержания, реализуя интеграцию теории и практики обучения студентов. Средством

поддержания и развития мотивации обучения, реализации профессионально-ориентированного обучения студентов математике и механике выступают межпредметные связи как дидактическая категория, *обозначающая* синтезирующие отношения и связи между объектами, понятиями и положениями, изучаемыми смежными науками, *отражающая* явления и процессы действительности, *находящая свое выражение* в содержании, формах и методах учебно-воспитательного процесса и *выполняющая* образовательную, развивающую и воспитывающую функции в их взаимосвязи [17].

Под **наглядным моделированием** в обучении математике понимается использование различных видов наглядности в установлении и моделировании существенных свойств и отношений между математическими объектами на основе актуализации внутридисциплинарных и междисциплинарных связей в процессе освоения обучающимся способов знаково-символической, логико-вычислительной, аналитико-исследовательской деятельности для достижения устойчивого, адекватного диагностично поставленной цели результата обучения, познания и развития [17–19].

3. Пример содержательно-дидактической кластеризации КСО студентов математическому анализу на основе наглядного моделирования

Понимание основной идеи, логики выстраивания символьных формулировок математических понятий и свойств, освоение способов сочетания свернутых и пошаговых действий при решении задач изоморфно усвоению содержания.

Усвоение курса математического анализа предполагает не только формирование умений вычислять пределы, производные и интегралы, но и формирование умений осуществлять исследование математических объектов на наличие (или отсутствие) некоторых свойств. Речь идет о таких свойствах, как непрерывность, дифференцируемость, равномерная сходимости (функций, функциональных рядов, интегралов и т. д.) и др. Программа курса предусматривает обучение студентов такому исследованию в соответствии с определением, некоторым признаком или критерием. Несмотря на то что в определении или признаке соответствующие необходимые или достаточные условия всегда сформулированы вполне определенно, проверка их на практике вызывает у студентов некоторые затруднения. Это связано с целым комплексом факторов, основным из которых является неразвитость умений:

- выражать отношения и свойства объектов символьным языком математики;
- раскладывать задачу, требующую комплекса действий, на составляющие;
- применять приобретенные знания и навыки по аналогии в случае некоторого изменения условий задачи.

Выявление повторяющихся фрагментов определений и формулировок, методов решения типовых заданий, их комбинаций и разработка фреймовых моделей таких заданий с привлечением возможностей компьютерных технологий включают элементы наглядного моделирования. Необходимо отметить, что речь идет не о программно-технических, а о *содержательно-дидактических* аспектах организации содержания в компьютерных средствах обучения студентов.

Анкетирование и практика обучения такому классическому разделу высшей математики, как математический анализ, студентов специальностей «Математика. Научно-педагогическая деятельность. (Квалификация — Математик. Преподаватель математики и информатики)», «Механика и математическое моделирование» и «Компьютерная математика и системный анализ» позволили прийти к заключению, что, несмотря на достаточно высокий уровень мотивации студентов к изучению математики, аргументы для их «включенности» в процесс освоения содержания обучения, для активизации их учебно-познавательной деятельности должны различаться. Это обусловлено необходимостью учета различий в уровнях мотивации, математической подготовки студентов, в способах реализации профессиональной направленности обучения.

Предметом математического анализа являются те свойства математических объектов (непрерывность, сходимости, гладкость и др.), которые характеризуют динамику многих реальных процессов, лежат в основе исследования современных математических моделей и описываются символьным языком математики с учетом тонкостей и специфики его использования. Диалектичность математического анализа состоит в том, что упомянутые качественные стороны математических объектов изучаются с разной степенью конкретности и общности, что дает возможность развивать не только конкретные вычислительные, но и метапредметные аналитические умения студентов с первых дней обучения. Задания для студентов на основе наглядного моделирования с использованием компьютерных технологий в курсе математического анализа связаны с разработкой:

- скриншотов и графических иллюстраций символьных определений (производной функций одной переменной, многих переменных, по направлению), формулировок непрерывности, сходимости, равномерной сходимости;
- фреймовых моделей алгоритмических и аналитических методов типовых вычислений и, где это целесообразно, их комплекса;
- интерактивных моделей для динамической визуализации свойств и характеристик объектов.

Например, формулировки критерия Коши сходимости и равномерной сходимости приводятся в курсе математического анализа, по крайней мере, пять раз для различных математических объектов. Систематизацию формулировок тех свойств, которые повторяются в содержании курса математического

анализа применительно к различным математическим объектам, можно произвести с помощью выделения фрагментов формулировки, которые несут смысловую нагрузку и отражают логику построения определения.

Так, определение равномерной сходимости функционального ряда и несобственного интеграла отражает одну и ту же зависимость и потому может быть представлено в виде единого паттерна, внутри которого варьируются лишь рассматриваемые объекты [17].

Для функционального ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} u_n(x) = S(x), \quad x \in X \subset \mathbb{R}, \quad S_n(x) = \sum_{k=1}^n u_k(x)$$

определение равномерной сходимости на языке « $\varepsilon \div \delta$ » запишется в виде «цепочки»:

$$\langle \forall \varepsilon > 0 \exists n_{\varepsilon} \in \mathbb{N}: \forall n > n_{\varepsilon} \rangle \langle \forall x \in X \rangle \Rightarrow \\ \Rightarrow \langle |S_n(x) - S(x)| < \varepsilon \rangle.$$

Для несобственного интеграла

$$I(x) = \int_a^w f(t, x) dt, \quad x \in X \subset \mathbb{R}$$

с особенностью в точке w определение его равномерной сходимости на множестве X может быть записано в виде:

$$\langle \forall \varepsilon > 0 \exists \eta_{\varepsilon} \in (a, w): \forall \eta \in (\eta_{\varepsilon}, w) \rangle \langle \forall x \in X \rangle \Rightarrow \\ \Rightarrow \langle \left| \int_a^{\eta_{\varepsilon}} f(t, x) dt - I(x) \right| < \varepsilon \rangle.$$

В этих определениях фрагменты, разделенные знаками $\langle \rangle$, однотипны с точки зрения их сущности и логики построения определений. Смысл первого фрагмента состоит в том, что для любого положительного ε существует некоторый объект, зависящий от ε ($\forall \varepsilon > 0 \exists \dots$); второго — что рассматриваемое далее условие должно выполняться на всем множестве X , т. е. $\forall x \in X$; третий фрагмент — оценка модуля разности рассматриваемых математических объектов, один из которых является предельным значением другого.

Разделение символьной записи на фрагменты, при котором каждый фрагмент является отражением некоторого ключевого отношения, мы называем **приемом смысловых опор** [17]. Таким образом, выделенные выше фрагменты являются смысловыми опорами определения-паттерна «равномерная сходимости». Визуализация приема смысловых опор позволяет однотипные фрагменты, отражающие семантические связи в формулировках сходимости для разных математических объектов, выделить одним и тем же цветом. Отличия в формулировках понятия «сходимость», связанные с переходом от одного объекта к другому (от последовательности — к функции, затем — к интегралу или ряду), визуально отражаются на мониторе, не нарушая структуру формулировки и сохраняя цветовую палитру ее фрагментов. Кроме того, компьютерные средства обучения (КСО) позволяют реализовать текстовые пояснения к каждой из частей формулировки, что весьма важно для

повышения продуктивности усвоения материала. Визуализация с помощью КСО различий между формулировками поточечной и равномерной сходимости позволяет подчеркнуть, что существенно важным является порядок следования выделенных фрагментов. Перенос лишь одного фрагмента формулировки из середины в начало изменяет ее смысл, позволяя перейти от определения равномерной сходимости к определению поточечной сходимости и наоборот. Даже для достаточно сильных студентов усвоение различия между этими определениями представляет определенные трудности, поскольку традиционно сложившаяся многолетняя практика обучения опирается на использование лишь их символьных формулировок. Наглядное моделирование в этом случае состоит в использовании скриншота, в котором предусмотрена динамическая визуализация переноса этого фрагмента определения в соответствии с тем или иным видом сходимости. Кроме того, разделение достаточно громоздкой символьной записи на части способствует лучшему усвоению сущности определения, поскольку согласуется с психолого-дидактическими закономерностями мышления и памяти.

Использование приема смысловых опор также целесообразно при работе с определениями непрерывности и дифференцируемости, которые рассматриваются в курсе математического анализа на разных уровнях общности применительно к разным математическим объектам: функциям одной и многих переменных, функциональным рядам, рядам Фурье, несобственным интегралам, зависящим от параметра, а также некоторым другим понятиям курса. Тем не менее выделение ключевых фрагментов в этих определениях позволяет рассматривать их как стержневые понятия курса, изучение и применение которых осуществляется по спирали. Это позволяет использовать отсроченное во времени, периодическое повторение этих определений на основе аналогии и некоторой их реконструкции, что способствует закреплению знаний студентов.

Фреймовая структура заданий вычислительного характера опирается на поочередное и затем комплексное использование основных методов вычислений. На этапе репродуктивного усвоения задания генерируются случайно, чтобы студенты освоили типовые методы решений. На этапе продуктивного усвоения студенты учатся отвечать на вопросы, например:

- «Какие параметры и в каких пределах могут изменяться, чтобы предусмотреть все возможные варианты вычисления предела вида:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{P(n) + a_1 a^n + a_2 \log_c n + \sin(a_4 n!)}{Q(n) + b_1 a^n + b_2 \log_d n + \arctg n^k},$$

где $P(n)$, $Q(n)$ — многочлены?» Учет математических свойств данных объектов важен при определении допустимого диапазона входящих параметров, поскольку от этого зависит результат выполнения задания, который надо предусмотреть.

- «Какие математические свойства и методы, организованные в виде фреймов, можно заложить в пакет Mathematica, чтобы они позволили решать классы задач, а не отдельную задачу?»

Выстраивание диалога со студентами по этим вопросам позволяет создать ту креативную среду, которая способствует, с одной стороны, развитию мотивации к обучению и взаимодействию, с другой стороны, сохранению содержания в долговременной памяти в процессе обсуждения и анализа наглядных моделей, реализуя когнитивные модели визуализации содержательно-дидактических объектов [20, 21].

На педагогическую специальность («Математика. Научно-педагогическая деятельность. (Квалификация — Математик. Преподаватель математики и информатики)» поступают студенты с более низким средним баллом, и, как правило, для них характерен более медленный темп освоения содержания по сравнению со студентами «компьютерной» специальности («Компьютерная математика и системный анализ»). Однако выполнение таких заданий для студентов-педагогов привлекательно тем, что позволяет освоить математические методы выполнения не единичных примеров, а классов заданий, проанализировать способы и границы их применения в комплексе друг с другом, оценить дидактическую, семантическую и развивающую функции наглядного моделирования как составляющие профессионально-методической подготовки. Математическая составляющая таких заданий для них является первостепенной, хотя и представляет определенные трудности. Разработка подобных заданий позволяет студентам осваивать и способы дифференциации заданий репродуктивного и продуктивного типов. Однако готовность осуществить компьютерную реализацию таких разработок в последующем выражают лишь 15–17 % студентов педагогической специальности.

Для студентов специальности «Компьютерная математика и системный анализ» более привлекательной является компьютерная реализация таких заданий, а математические погрешности они рассматривают зачастую уже после получения неверного результата. Вместе с тем способность к аналитике, целенаправленность и сосредоточенность на достижении результата выше у студентов этой специальности.

Для студентов специальности «Механика и математическое моделирование» математический аппарат выступает средством моделирования механических процессов. В связи с этим наиболее востребованными разделами математики для студентов этой специальности являются векторная геометрия, интегральное и дифференциальное исчисление и методы решений дифференциальных уравнений. Из 210 опрошенных студентов 46,4 % наибольшие трудности в обучении связывают с необходимостью освоения большого объема не связанных между собой понятий в разных учебных курсах; 50,5 % — с не-

развитостью навыков самоорганизации; 27,3 % — с резкостью перехода от школьной формы обучения к вузовской [14].

С целью разрешения этих проблем в обучении студентов-механиков осуществляется совместное использование функциональных взаимосвязей пакета Structural Mechanics и системы Mathematica для компьютерного моделирования задач механики. Пакет компьютерной математики используется для генерации индивидуальных практических заданий для студентов, а расширение Mechanical System обеспечивает изучение функциональных возможностей пакетов для моделирования механических систем и симуляции движения, описания упругих свойств анизотропных сред и формулировки определяющих соотношений, для формулировки расчетных уравнений теории упругости в различных системах ортогональных координат. Профессиональная направленность посредством наглядного моделирования для студентов-механиков выражается в том, что в электронное пособие включены восемь анимаций плоских механизмов с построением траекторий движения определенных точек, а также шесть анимаций движения сложных многозвенных механизмов, которые предусматривают продуктивную деятельность [14, 22]. Современные системы компьютерной математики, в частности система Mathematica, предназначены в основном для решения теоретических и прикладных задач без их программирования. Однако для решения многих задач механики заложенных стандартных функций и пакетов расширения системы оказывается недостаточно. В связи с этим возникает необходимость использования функционального метода программирования, который состоит в использовании в ходе решения задач только функций. Преимуществом такого подхода является возможность применения широкого спектра встроенных функций и функций стандартных пакетов расширения при создании специализированных функций пользователя. В частности, эта деятельность включает разработку и использование функций, которые предназначены для получения сведений о константах, характеризующих упругие свойства анизотропных сред, об упругих потенциалах, о зависимостях компонент тензора напряжений от компонент тензора деформаций (законе Гука) и об уравнениях движения упругих сред различных классов симметрии [22, 23]. Целесообразность создания таких функций обусловлена достаточно большим объемом подобного теоретического материала, который традиционно приводится в большинстве монографий и учебных пособий по теории упругости. Такой подход способствует развитию интегративных умений студентов, предполагающих владение как математическим аппаратом, так и компьютерными технологиями, и согласованию в обучении студентов фундаментальных положений математики с возможностями использования компьютерных средств для математического моделирования процессов прикладной механики на достаточно высоком уровне [14, 22, 23].

4. Выводы

Использование указанных подходов в образовательной практике Белорусского государственного университета способствует решению триединой задачи:

- способствует закреплению и углублению фундаментальных математических знаний;
- мотивирует к осознанному обретению умений использовать компьютерные технологии;
- позволяет осуществлять профессиональную направленность обучения.

Практический опыт работы свидетельствует о том, что взвешенная, научно-обоснованная реализация этих положений с использованием возможностей компьютерных технологий способствует тому, что содержание обучения становится более компактным, в методах обучения больше места отводится опосредованному, распределенному во времени повторению материала (в том числе в реконструированном виде), в формах обучения подключаются возможности дозирования и целесообразной нелинейной организации содержания, наглядного моделирования, визуализации и дифференциации информационной плотности материала. Это обеспечивает эмерджентность дидактической образовательной системы (способность компонентов этой системы во взаимодействии обретать те качества, которыми, взятые в отдельности, они не обладают) и ингерентность — согласованность ее с информационно-образовательной средой вуза, что является важной составляющей реализации креативного образования и повышения эффективности образовательного процесса.

Список использованных источников

1. Roco M. C., Bainbridge W. S. Overview converging technologies for improving human performance // *Converging technologies for improving human performance. Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Springer Netherlands, 2003. P. 1–27. DOI: 10.1007/978-94-017-0359-8
2. Прайд В. В., Медведев Д. А. Феномен NBIC-конвергенции. Реальность и ожидания // *Философские науки*. 2008. № 1. С. 97–117. <https://www.phisci.info/jour/article/view/1212>
3. Григорьев С. Г., Гриншкун В. В., Львова О. В. Некоторые аспекты информатизации образования в России, связанные с подготовкой будущих учителей // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования*. 2014. № 3. С. 14–18. <http://journals.rudn.ru/informatization-education/article/view/6813>
4. Роберт И. В. Современное состояние информатизации отечественного образования: фундаментальные и прикладные исследования // *Информатизация образования — 2017. Сборник материалов международной научно-практической конференции*. Чебоксары: ЧГПУ им. И. Я. Яковлева, 2017. С. 23–49.
5. Абламейко С. В., Новик И. А., Бровка Н. В. Краткий курс истории вычислительной техники и информатики. Минск: БГУ, 2014. 184 с.
6. Лапчик М. П., Рагулина М. И., Хеннер Е. К. Школьное математическое образование в условиях информатизации: зарубежный опыт // *Информатизация образования и методика электронного обучения. Материалы III Международной научной конференции*. Красноярск: СФУ, 2019. С. 178–183.

7. *Drijvers P.* Digital technology in mathematics education: Why it works (or doesn't) // PNA. 2013. Vol. 8. No. 1. P. 1–20. <https://www.learntechlib.org/p/160037/>

8. *Broley L., Caron F., Saint-Aubin Y.* Levels of programming in mathematical research and university mathematics education // International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education. 2018. Vol. 4. P. 38–55. DOI: 10.1007/s40753-017-0066-1

9. *Бровка Н. В.* Обучение студентов математике на основе интеграции теории и практики. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2015. 273 с.

10. *Абламейко С. В. и др.* Университет в современном обществе. БГУ в стране и мире. Минск: БГУ, 2015. 311 с.

11. *Scutter S., Stupans I., Sawyer T., King S.* How do students use podcasts to support learning? // Australasian Journal of Educational Technology. 2010. Vol. 26. No. 2. P. 180–191. DOI: 10.14742/ajet.1089

12. *Кудрявцев Л. Д.* Мысли о современной математике и ее преподавании. М.: Физматлит, 2008. 433 с.

13. *Арнольд В. И.* Что такое математика? М.: МЦНМО, 2002. 104 с.

14. *Медведев Д. Г.* Организация обучения студентов-механиков в информационно-образовательной среде классического университета. Минск: БГУ, 2018. 215 с.

15. *Дьячук П. П., Шкерица Л. В.* Индивидуализация математической подготовки студентов на основе интерактивного управления учебной деятельностью. Красноярск: КГПУ им. В. П. Астафьева, 2012. 370 с.

16. *Dyachuk P. P., Brovka N. V., Noskov M. V., Peregodova I. P.* Interactive self-regulation of educational activity in identification of complex objects // Информатизация об-

разования и методика электронного обучения. Материалы II Международной научной конференции. Красноярск: СФУ, 2018. С. 90–94.

17. *Бровка Н. В.* О реализации семантических связей при обучении студентов математическому анализу // Математические методы в технике и технологиях. Сборник трудов Международной научной конференции. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2017. С. 97–101.

18. *Богун В. В., Остафьев В. Н., Смирнов Е. И.* Наглядное моделирование в обучении математике: теория и практика. Ярославль: Канцлер, 2010. 498 с.

19. *Смирнов Е. И.* Фундирование опыта в профессиональной подготовке и инновационной деятельности педагога. Ярославль: Канцлер, 2012. 655 с.

20. *Nardi E.* Reflections on visualization in mathematics and mathematics education // Mathematics & Mathematics Education: Searching for Common Ground. Dordrecht: Springer, 2014. P. 193–222. DOI: 10.1007/978-94-007-7473-5_12

21. *Ngan Hoe Lee, Dawn Kit Ee Ng, eds.* Mathematical modeling: From theory to practice. Singapore: WSPC, 2015. 258 p.

22. *Босьяков С. М., Журавков М. А., Медведев Д. Г.* Развитие функциональных возможностей внешнего пакета Structural Mechanics расширения компьютерной системы Mathematica применительно к решению задач теории упругости // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. 2006. № 1. С. 110–116. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/15986>

23. *Медведев Д. Г.* Функциональные возможности пакета моделирования динамических систем Mechanical System компьютерной системы Mathematica // Информационные технологии в образовании. 2014. № 3. С. 16–22.

DIDACTIC FEATURES OF THE ORGANIZATION OF COMPUTER MEANS OF TEACHING STUDENTS OF MATHEMATICAL SPECIALTIES

N. V. Brovka¹

¹ *Belarusian State University, Minsk, The Republic of Belarus*
220030, The Republic of Belarus, Minsk, prospect Nezavisimosti, 4

Abstract

The article is devoted to the description of didactic approaches that allow to integrate the theory and practice of teaching students of mathematical specialties by updating informative intra- and interdisciplinary connections of mathematical disciplines and informatics.

Methods for implementing cognitive visualization taking into account the specifics of mathematics and computer science are given. The interpretation of interdisciplinary connections (as a category of teaching didactics) and visual modeling in relation to teaching mathematics are also clarified.

The article describes a variant of the organization of content in the computer means of teaching (CMT) students of the classical university in mathematical analysis. The content of this course in one or another volume is a mandatory component of mathematical training in universities, it is consistently associated with the content of the course of school mathematics and is widely used in applied problems.

On the basis of the analysis of semantics and logic of construction of formulations of those properties which are repeated in relation to various mathematical objects, the variant of content didactic clustering at which such concepts as “convergence”, “uniform convergence”, “differentiability”, etc., act as patterns in the organization of the maintenance of computer means of training is presented.

Keywords: classical university, informatization, content didactic clustering, visual modeling, mathematical analysis.

DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-1-34-41

For citation:

Brovka N. V. Didakticheskie osobennosti organizatsii komp'yuternykh sredstv obucheniya studentov matematicheskikh spetsial'nostej [Didactic features of the organization of computer means of teaching students of mathematical specialties]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2020, no. 1, p. 34–41 (In Russian.).

Received: November 14, 2019.

Accepted: January 21, 2020.

About the author

Natalia V. Brovka, Doctor of Sciences (Education), Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Professor at the Department of Function Theory, Faculty of Mathematics and Mechanics, Belarusian State University, Minsk, The Republic of Belarus; n_br@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8106-4318

References

1. Roco M. C., Bainbridge W. S. Overview converging technologies for improving human performance. *Converging technologies for improving human performance. Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Springer Netherlands, 2003, p. 1–27. DOI: 10.1007/978-94-017-0359-8
2. Pride V. V., Medvedev D. A. Fenomen NBIC-konvergenstsi. Real'nost' i ozhidaniya [Phenomenon of NBIC-convergence: reality and expectations]. *Filosofskie nauki — Russian Journal of Philosophical Sciences*, 2008, no. 1, p. 97–117. (In Russian.) Available at: <https://www.phisci.info/jour/article/view/1212>
3. Grigoriev S. G., Grinshkun V. V., Lvova O. V. Nekotorye aspekty informatizatsii obrazovaniya v Rossii, svyazannye s podgotovkoj budushhikh uchitelej [Some aspects of education informatization in Russia concerning training future teachers]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya — Bulletin of People's Friendship University of Russia. Series: Informatization of Education*, 2014, no. 3, p. 14–18. (In Russian.) Available at: <http://journals.rudn.ru/informatization-education/article/view/6813>
4. Robert I. V. Sovremennoe sostoyanie informatizatsii otechestvennogo obrazovaniya: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya [The current state of informatization of domestic education: fundamental and applied research]. *Informatizatsiya obrazovaniya — 2017. Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Education Informatization — 2017. Proc. int. scientific-practical conf.]*. Cheboksary, Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, 2017, p. 23–49. (In Russian.)
5. Ablameyko S. V., Novik I. A., Brovka N. V. Kratkij kurs istorii vychislitel'noj tekhniki i informatiki [A short course in the history of computing and informatics]. Minsk: BSU, 2014. 184 p. (In Russian.)
6. Lapchik M. P., Ragulina M. I., Henner E. K. Shkol'noe matematicheskoe obrazovanie v usloviyakh informatizatsii: zarubezhnyj opyt [School mathematical education upon condition informatization: foreign experience]. *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika ehlektronnogo obucheniya. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii [Informatization of education and e-learning methodology. Proc. 3d Int. Scientific Conf.]*. Krasnoyarsk, SFU, 2019, p. 178–183. (In Russian.)
7. Drijvers P. Digital technology in mathematics education: Why it works (or doesn't). *PNA*, 2013, vol. 8, no. 1, p. 1–20. Available at: <https://www.learnlib.org/p/160037/>
8. Broley L., Caron F., Saint-Aubin Y. Levels of programming in mathematical research and university mathematics education. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 2018, vol. 4, p. 38–55. DOI: 10.1007/s40753-017-0066-1
9. Brovka N. V. Obuchenie studentov matematike na osnove integratsii teorii i praktiki [Teaching students math through the integration of theory and practice]. Saarbrücken, Lap Lambert Academic Publishing, 2015. 273 p. (In Russian.)
10. Ablameyko S. V. et al. Universitet v sovremennom obshchestve. BGU v strane i mire [University in modern society. BSU in the country and in the world]. Minsk, BSU, 2015. 311 p. (In Russian.)
11. Scutter S., Stupans I., Sawyer T., King S. How do students use podcasts to support learning? *Australasian Journal of Educational Technology*, 2010, vol. 26, no. 2, p. 180–191. DOI: 10.14742/ajet.1089
12. Kudryavtsev L. D. Mysli o sovremennoj matematike i ee prepodavanii [Thoughts on modern mathematics and its teaching]. Moscow, Fizmatlit, 2008, 433 p. (In Russian.)
13. Arnold V. I. Chto takoe matematika? [What is math?]. Moscow, MTSNMO, 2002. 104 p. (In Russian.)
14. Medvedev D. G. Organizatsiya obucheniya studentov-mekhanikov v informatsionno-obrazovatel'noj srede klassicheskogo universiteta [Organization of training for students of mechanics in the information and educational environment of a classical university]. Minsk, BSU, 2018. 215 p. (In Russian.)
15. Dyachuk P. P., Shkerina L. V. Individualizatsiya matematicheskoy podgotovki studentov na osnove interaktivnogo upravleniya uchebnoj deyatel'nost'yu [Individualization of students' mathematical training based on interactive learning management]. Krasnoyarsk, KSPU named after V. P. Astafiev, 2012. 370 p. (In Russian.)
16. Dyachuk P. P., Brovka N. V., Noskov M. V., Peregodova I. P. Interactive self-regulation of educational activity in identification of complex objects. *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika ehlektronnogo obucheniya. Materialy II Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii [Informatization of education and e-learning methodology. Proc. 2nd Int. Scientific Conf.]*. Krasnoyarsk, SFU, 2018, p. 90–94.
17. Brovka N. V. O realizatsii semanticheskikh svyazej pri obuchenii studentov matematicheskomu analizu [On the implementation of semantic relationships in teaching students mathematical analysis]. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh. Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii [Mathematical methods in engineering and technology. Proc. Int. Scientific Conf.]*. Saint Petersburg, Izdatel'stvo Politehnicheskogo universiteta, 2017, p. 97–101. (In Russian.)
18. Bogun V. V., Ostashkov V. N., Smirnov E. I. Naglyadnoe modelirovanie v obuchenii matematike: teoriya i praktika [Visual modeling in teaching mathematics: theory and practice]. Yaroslavl, Kantsler, 2010. 498 p. (In Russian.)
19. Smirnov E. I. Fundirovanie opyta v professional'noj podgotovke i innovatsionnoj deyatel'nosti pedagoga [Founding in professional training and innovative activity of a teacher]. Yaroslavl, Kantsler, 2012. 655 p. (In Russian.)
20. Nardi E. Reflections on visualization in mathematics and mathematics education. *Mathematics & Mathematics Education: Searching for Common Ground*, Dordrecht, Springer, 2014, p. 193–222. DOI: 10.1007/978-94-007-7473-5_12
21. Ngan Hoe Lee, Dawn Kit Ee Ng, eds. Mathematical modeling: From theory to practice. Singapore, WSPC, 2015. 258 p.
22. Bosyakov S. M., Zhuravkov M. A., Medvedev D. G. Razvitie funktsional'nykh vozmozhnostej vneshnego paketa Structural Mechanics rasshireniya komp'yuternoj sistemy Mathematica primenitel'no k resheniyu zadach teorii uprugosti [The development of the functionality of the external Structural Mechanics package of the expansion of the Mathematica computer system as applied to solving problems of the theory of elasticity]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 1, Fizika. Matematika. Informatika — Bulletin of the Belarusian State University. Ser. 1, Physics. Maths. Informatics*, 2006, no. 1, p. 110–116. (In Russian.) Available at: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/15986>
23. Medvedev D. G. Funktsional'nye vozmozhnosti paketa modelirovaniya dinamicheskikh sistem Mechanical System komp'yuternoj sistemy Mathematica [Functionality of the package of modeling of dynamic systems Mechanical System of the computer system Mathematica]. *Informatsionnye tekhnologii v obrazovanii — Information Technologies in Education*, 2014, no. 3, p. 16–22. (In Russian.)