

<https://www.doi.org/10.33910/1992-6464-2022-206-167-183>
EDN RIKMBZ

А. П. Мателенок, В. С. Вакульчик

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК ОСНОВА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

В статье рассматривается проблема реализации междисциплинарной интеграции. Объединение отдельных дисциплин в интегрированные модули представлено как один из способов ее решения в обучении математике на технических специальностях. В качестве методологической основы для реализации указанной идеи выбран полипарадигмальный подход к организации образовательного процесса в рамках интегрированного модуля «Моделирование» с использованием учебно-методического комплекса нового поколения. Представлены отдельные примеры заданий, демонстрирующих междисциплинарные связи дисциплин, обеспечивающих междисциплинарную интеграцию в обучении математике студентов технических специальностей.

Ключевые слова: полипарадигмальный подход, междисциплинарная интеграция, интегрированный модуль

A. Matelenok, V. Vakulchik

INTERDISCIPLINARY INTEGRATION AS A BASIS FOR TEACHING MATHEMATICS TO ENGINEERING STUDENTS

The article discusses interdisciplinary integration and approaches to its implementation. One of such approaches is to combine individual disciplines into integrated modules. Interdisciplinary integration was tested at the classes of mathematics to engineering students.

The methodology included a polyparadigmatic approach to the organization of education. It is part of the integrated module “Modelling” that is taught using a cutting-edge teaching methodological package. The article provides several examples of tasks that illustrate interdisciplinary integration in teaching mathematics to engineering students.

Keywords: polyparadigmatic approach, interdisciplinary integration, integrated module

Введение

Устойчивое развитие на уровне страны, региона и мира в целом находится в тесной корреляционной зависимости от уровня образования и профессиональной эрудиции ее человеческого капитала. Высшее техническое образование Республики Беларусь направлено на подготовку специалистов, конкурентоспособных на национальном и международном рынках труда и обладающих креативным техническим мышлением. Значит необходимо сформировать у студентов запас интеллектуальных возможностей и компетенций, с помощью которых они смогут определять

необходимую информацию и эффективно ее применять.

Такая высокая подготовка возможна при условии, что выпускники учреждений высшего образования отличаются готовностью и способностью использовать полученные в обучении высшей математике знания и опыт мыслительной деятельности при решении как профессиональных, так и междисциплинарных научно-прикладных проблем. Поэтому для достижения нового качества профессионального образования перспективным направлением является разработка и усиление в учебном процессе учреждений образования

междисциплинарной интеграции. Анализ статей, монографий, диссертаций показал, что среди них присутствуют исследования рассматривающие различные пути достижения указанного направления.

Понятие междисциплинарности достаточно неоднозначно трактуется в философско-педагогической литературе и исследованиях. В 80-е гг. XX столетия возникли первые научные исследования этого сложного многогранного понятия. Уже в XXI веке данная проблема получила статус особенно актуальной. При этом можно выделить два основных течения, по которым и велись исследования. С одной стороны, это «рост числа научных фактов, теорий, концепций, научных субдисциплин, которые вызывают глубокую дифференциацию исторически сформировавшихся областей знания. С другой стороны, это поиск общих методологических и теоретических основ с функциями парадигмального звена, способного объединять дифференцированные части научного знания, как правило, имеющие статус субдисциплин, защищающих свою теоретическую независимость и относительную автономию» [17, с. 46]. В XXI веке были продолжены исследования по изучению феномена междисциплинарности на основании компетентностного подхода, а также созданию междисциплинарной интеграции как между смежными, так и абсолютно разными дисциплинами.

Д. А. Новиков в своей монографии приводит следующее определение: «Междисциплинарные связи — это взаимная согласованность учебных программ, обусловленная содержанием наук и дидактическими целями. Междисциплинарные связи имеют особое значение при комплексной системе обучения, при которой для образования комплексных тем выделяются связанные с ними элементы (темы, разделы, факты, понятия, законы) из различных отраслей знания. Междисциплинарные связи могут прослеживаться по времени как сопутствующие, предшествующие, последующие, перспективные, повторяющиеся. Направленность на путь переноса

знаний, умений и навыков определяет их роль как обеспечивающих или обеспечиваемых, прямых или опосредованных. По своему характеру связи могут быть логическими, философскими, гносеологическими, семиотическими» [15, с. 147].

Н. В. Бровка отмечает, что «**междисциплинарные связи — это педагогическая категория, обозначающая синтезирующие отношения и связи между объектами, понятиями и положениями, изучаемыми разными науками, отражающая явления и процессы реальной действительности, находящая свое выражение в содержании, формах и методах учебно-воспитательного процесса и выполняющая образовательную, развивающую и воспитывающую функции в их органическом единстве**» [3, с. 33]. При этом И. Д. Зверев утверждает, что «междисциплинарные связи предполагают, во-первых, взаимную согласованность содержания обучения различным дисциплинам, во-вторых, построение и отбор материала, отвечающего общим целям образования, в-третьих, оптимальный учет учебно-воспитательных задач, обусловленных спецификой каждого учебного предмета в целом. Междисциплинарные связи призваны учитывать общее между дисциплинами по содержанию, по методам обучения и по формируемым умениям» [10, с. 22]. Отметим, что эти определения используются нами как наиболее полно характеризующие понятие «междисциплинарные связи» относительно данного исследования и позволяющие рассматривать выделенный феномен на частно-дидактическом уровне.

Однако изучение научно-методической литературы и исследований позволило выявить, что в реализации междисциплинарной интеграции имеются определенные трудности. При этом в качестве наиболее распространенных из них выделяются следующие: «утрата участвующими дисциплинами собственного методолого-эпистемологического статуса и самостоятельности» [22, с. 20], «проблемы ориентации в чужой дисциплине, механическое перенесение терминов и поня-

тий» [5, с. 16]; «выстраивание формальных связей между дисциплинами без учета их содержательного своеобразия, отсутствия глубоких знаний по отдельным дисциплинам» [21, с. 48]; «серьезное сокращение аудиторных часов на изучение дисциплин естественнонаучного цикла» [16, с. 89].

Таким образом, представляется возможным обратить внимание на наличие противоречия между объективно существующим в теории и методике обучения теоретическим обоснованием положительного влияния взаимопроникновения содержания учебных дисциплин и отсутствием теоретического обоснования междисциплинарной интеграции для применения его результатов на частно-дидактическом уровне в практике обучения студентов технических специальностей.

Подчеркнем, что в практике обучения на технических специальностях не вызывает сомнения необходимость учета и реализации тесных междисциплинарных связей математики с циклом общепрофессиональных и специальных дисциплин [2; 12]. Однако имеется необходимость отдельного теоретического обоснования и разработки методики включения междисциплинарной интеграции в обучение математики каждой конкретной специальности для усиления педагогического эффекта от ее реализации.

Учитывая, в связи с этим, актуальность выделенной проблемы, поставим задачу: исследовать, спроектировать и реализовать междисциплинарную интеграцию между дисциплинами «Высшая математика», «Информатика», «Физика» в конкретном дидактическом процессе обучения математике студентов технических специальностей.

Основная часть

Понятие «междисциплинарная интеграция в учебном процессе» значимое и многогранное. Его исследование можно встретить в трудах ведущих ученых педагогов-методистов как Республики Беларусь, так и ближнего и дальнего зарубежья, таких как Е. Я. Аршанский, Р. В. Арутюнян, Н. В. Бровка,

А. А. Белохвостов, О. Л. Жук, А. Е. Савина, Л. В. Шестакова и др. Проведенный ретроспективный анализ показал, что в научных поисках определения и основных характерных особенностей понятия «междисциплинарная интеграция» наметилось несколько направлений. Первое направление — междисциплинарные связи и междисциплинарная интеграция не отождествляются (Н. В. Бровка, О. Л. Жук). «Междисциплинарная интеграция означает единое объединяющее начало, которое присутствует в разном содержании и обеспечивает создание нового, более интегрированного содержания; междисциплинарная интеграция имеет триединую сущность: она рассматривается как принцип, процесс и как его результат» [9, с. 3].

Второе направление — междисциплинарная интеграция как принцип означает динамично развивающийся характер содержания образования (Л. А. Шестакова). «Основана на взаимопроникновении содержания разных учебных дисциплин и создании единого образовательного пространства, обладающего целостным потенциалом развития с помощью использования инновационных педагогических и дидактических методов и организационных форм обучения и формирования компетенций» [21, с. 49]. Третье направление — междисциплинарная интеграция как процесс обучения (Р. В. Арутюнян), в котором происходит объединение структурных компонентов содержания обучения в единое целое: интегрированную модель, которая объединяет ее составные части — теоретическую и практическую деятельность [1].

Таким образом, проблема разработки междисциплинарной интеграции в системе высшего образования сохраняет свою актуальность. В то же время специалистами в области теории и методики обучения и воспитания не рассмотрена возможность разработки и реализации в обучении математике на технических специальностях междисциплинарной интеграции с позиции полипарадигмального подхода. По словам О. Г. Стариковой, названный подход обеспечивает

опережающий характер образовательной деятельности, поскольку он «обобщает потенциал ведущих парадигм для совершенствования стратегии развития высшего образования» [19, с. 15].

Будем руководствоваться также высказыванием Л. С. Лихачевой, что полипарадигмальный подход — это своего рода перекрестная интерпретация одного и того же объекта несколькими дополняющими друг друга источниками (исследовательскими парадигмами), комплексный подход, в котором реализуется «комплексность» как атрибут и «принцип социального познания». В этом отношении полипарадигмальный подход «представляет собой открытое множество исследовательских парадигм, не надстраивающихся друг над другом, а сосуществующих, взаимодополняющих друг друга в раскрытии разных граней (сторон, аспектов) исследуемого объекта» [11, с. 28].

В исследовании В. А. Шершневой полипарадигмальный подход рассматривается как совокупная реализация нескольких парадигм. В работе отмечено, что полипарадигмальный подход адекватен методологическому плюрализму, который является «сущностной характеристикой современной педагогики и способен сыграть важную роль в формировании математической компетентности студентов инженерных вузов» [20, с. 22]. В нашем исследовании полипарадигмальный подход опирается на четыре ведущие парадигмы: *знаниевую, деятельностьную, личностно-ориентированную, компетентностную*.

Анализ выбранных парадигм показывает, что ни одна из них не является самодостаточной без привлечения ценностей других парадигм. В то же время они все взаимопересекаются, взаимообогащаются, взаимодополняют друг друга, имеют общее для интеграции в преломлении целей подготовки компетентного специалиста и, в частности, целей обучения математике на технических специальностях.

В Республике Беларусь полипарадигмальный подход впервые применен Д. Г. Медве-

девым относительно процесса обучения теоретической механике. Относительно обучения математике студентов технических специальностей нами под полипарадигмальным подходом понимается комплексное соотношение системно-деятельностного, модульного, дифференцированного, когнитивно-визуального и компетентностного подходов [6; 7; 8; 14; 23].

Нами показан и обоснован методический потенциал указанного подхода и представлены теоретические основания «разработки учебно-методических комплексов (УМК) нового поколения для обучения математике студентов технических специальностей с его позиций, а также выявленных условий установления взаимосвязей содержания общепрофессиональных и специальных дисциплин с курсом математики для отдельных технических специальностей» [6, с. 67].

Комплексное соотношение системно-деятельностного, модульного и компетентностного подходов обуславливает цели обучения математике, учет при разработке компонентов УМК, особенностей содержания общепрофессиональной и специальной подготовки студентов технических специальностей. Указанные особенности детерминируют мотивированное взаимодействие студентов и преподавателей посредством совершенствования традиционных, активных и интерактивных методов, форм, средств обучения математике.

Проведенные исследования и полученные при этом результаты являются базисной основой для рассмотрения междисциплинарных связей, реализуемых с позиций полипарадигмального подхода в качестве дидактической основы обеспечения междисциплинарной интеграции в образовании специалистов инженерного профиля с целью повышения эффективности обучения математике студентов технических специальностей.

Одним из способов выполнения поставленной задачи в обучении математике на технических специальностях может быть объе-

динение дисциплин в интегрированные модули.

Под интегрированным модулем будем понимать комплекс учебных дисциплин (имеющих предшествующие и сопутствующие междисциплинарные связи, не теряющих при объединении собственного методолого-эпистемологического статуса и самостоятельности), служащий эффективному решению ряда целей учреждения высшего образования, обеспечивающий посредством УМК нового поколения целостность обучения, ориентированный на организацию разноплановой деятельности студентов и педагогов, позволяющий студентам с его помощью овладеть содержанием дисциплин, сформировать необходимые компетенции.

Рассмотрим предлагаемый способ обеспечения междисциплинарной интеграции на примере специальности «Химическая технология переработки природных энергоносителей и углеродных материалов» Полоцкого государственного университета. Выпускающей кафедрой в [4] указана востребованность глубокой интеграции учебного материала в рамках отдельных дисциплин, между дисциплинами.

Сравнительный анализ требований к обязательному минимуму содержания учебных программ к указанным стандартам компетенциям, а также интервьюирование преподавателей естественнонаучных и специальных кафедр позволили сделать вывод, что программы в цикле естественнонаучных дисциплин («Математика», «Физика», «Химия» и «Информатика») для выделенных специальностей имеют значительные пересечения, во многом идентичны.

В исследуемой специальности в цикле *общепрофессиональных и специальных дисциплин* нами выявлено, что дисциплины «Промышленная экология», «Химия», «Физическая химия», «Прикладная механика» включают в себя достаточно близкие требования к знаниям, умениям, навыкам. Идентичными требованиями характеризуются дисциплины: «Инженерная и машинная графика», «Энер-

госбережение и энергетический менеджмент», «Основы энергосбережения». В содержании указанных общепрофессиональных и специальных дисциплин имеются темы, в которых используются общие базовые математические понятия и соответствующие математические модели, иллюстрирующие востребованность и универсальность математического языка (в таблице 1 представлены фрагменты из отдельных тем).

Анализ учебных программ и педагогическое исследование позволили сделать вывод, что в силу того, что дисциплина «Высшая математика» изучается в первом и втором семестре, а дисциплины общепрофессионального и специального цикла, в которых применяется математическое моделирование («Прикладная механика» (3 семестр), «Физическая химия» (3, 4 семестр), «Промышленная экология» (8 семестр), «Информационные технологии в процессах и нефтепереработки» (5 семестр)) изучаются гораздо позже, остаточных знаний студентов по высшей математике может быть недостаточно для применения математического моделирования к решению профессионально ориентированных задач по специальности.

Из вышеприведенных рассуждений логически следует вывод, что для повышения эффективности обучения математике студентов выбранной специальности и закрепления их знаний на весь период обучения требуется учет принципа пролонгации при разработке УМК, практикумов, учебных программ не только по математике, но и дисциплин, имеющих тесные междисциплинарные связи с математикой. Выделенный принцип впервые введен В. Г. Скатецким, который отмечал, что принцип пролонгации продлевает процесс овладения математическими понятиями, фактами, утверждениями в рамках общего курса. Он помогает расширить, углубить и обобщить излагаемый в курсе математики материал [18]. Относительно нашего исследования указанный принцип состоит в выявлении и учете на основе УМК междисциплинарных связей математики с физикой, химией

**Базовые математические понятия, используемые в содержании общепрофессиональных
и специальных дисциплин**

Базовые математические понятия	Общепрофессиональные и специальные дисциплины	Тема, в которой используется базовое математическое понятие в общепрофессиональных и специальных дисциплинах
Производная функции	Физическая химия	Температурный коэффициент теплового эффекта процесса: $\Delta C_p = \frac{d\Delta H}{dT}$.
	Промышленная экология	Вычисление мощности источника загрязнения: $S = Q \cdot C + kCV + \frac{d(CV)}{dt}$.
	Прикладная механика	Коэффициент объемного сжатия жидкости: $\beta_c = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp}$.
Вязкость жидкости: $T = \pm \mu \cdot S \cdot \frac{dU}{dy}$.		
Интегралы	Прикладная механика	Расход жидкости через сечение: $Q = 2\pi \int_0^{r_0} ur dr$.
		Время истечения при переменном напоре из цилиндрического резервуара: $t = \frac{2L}{\mu\omega\sqrt{2g}} \int_{2r_c}^0 \sqrt{2r_0 - Hd} (2r_0 - H) \cdot$
	Физическая химия	Химический потенциал идеального газа: $G = \int nRT \frac{dp}{p}$.

Таблица 1. Продолжение

Дифференциальные уравнения	Прикладная механика	Касательное напряжение в турбулентном потоке: $\tau = \mu \cdot \frac{du_x}{dz} + \rho \cdot l^2 \cdot \left(\frac{du_x}{dz} \right)^2.$
	Промышленная экология	Изменение концентрации отходов описывается уравнением: $\frac{dL}{dt} = -k_1 L.$
	Физическая химия	Скорость химических реакций: $-\frac{dc}{d\tau} = k \left(\frac{a-x}{V} \right) \left(\frac{b-x}{V} \right).$
Векторы	Прикладная механика	Движение элементарной жидкой частицы в векторной форме по принципу Даламбера: $\rho \Delta V \cdot \frac{d\bar{g}}{dt} = \rho \Delta V \cdot \bar{F} + \bar{p}_n \Delta S_n - \bar{p}_x \Delta S_x - \bar{p}_y \Delta S_y - \bar{p}_z \Delta S_z.$

и информатикой, в проектировании и использовании задач междисциплинарного содержания.

Для объединения дисциплин в интегрированные модули (ИМ) представляется целесообразным остановиться на выделении видов междисциплинарных связей, различающихся по времени их осуществления: преемственных, сопутствующих и перспективных. Анализ всех дисциплин учебного плана позволяет выбрать те, у которых имеются тесные междисциплинарные связи с высшей математикой (табл. 2).

К предшествующим междисциплинарным связям относятся связи изучаемых понятий и закономерностей математики, которые изучались ранее в других учебных дисциплинах. Например, при изучении дисциплины «Информатика» интегралы и дифференциальные уравнения рассматриваются раньше,

чем в курсе высшей математики. Сопутствующие междисциплинарные связи одновременно используются в курсе «Высшая математика» и в курсе «Физика». К перспективным междисциплинарным связям относятся те из них, которые связывают понятия и закономерности курса «Высшая математика» с изучением других дисциплин выбранной специальности: «Численные методы» и «Физическая химия».

В содержании дисциплин «Высшая математика» и «Физика» для студентов выбранной для исследования специальности «Химическая технология переработки природных энергоносителей и углеродных материалов» имеются темы, в которых используются общие базовые математические понятия и соответствующие математические модели, иллюстрирующие востребованность и универсаль-

Дисциплины, имеющие тесные междисциплинарные связи с высшей математикой

Основной предмет	Период изучения, количество часов	Дисциплины специализации	Период изучения, количества часов	Вид междисциплинарных связей
Высшая математика	С 1 курса 2 семестра 204 часа (136 ауд.)	Информатика	1 курс 1 сем., 102 часа (68 ауд.)	Предшествующие, сопутствующие связи
		Физика	1 курс 2 сем., 198 часа (108 ауд.)	Сопутствующие связи
		Численные методы	1 курс 1 сем., 112 часа (68 ауд.)	Перспективные связи
		Физическая химия	2 курс 3,4 сем., 328 часа (206 ауд.)	Перспективные связи

ность математического языка (в таблице 3 представлены фрагменты из отдельных тем).

Практически все понятия, изучаемые в дисциплине «Математика», связаны с модулями, изучаемыми в физике. Из вышеприведенных данных следует вывод, что курсы «Высшая математика» и «Физика» имеют высокую степень корреляционной зависимости междисциплинарных связей, а значит, и возможности установления междисциплинарной интеграции.

Сравнительный анализ требований образовательных стандартов по дисциплине «Информатика» для указанной специальности показал, что в них можно выделить общие для информатики и математики требования: студенты «должны ставить прикладные

задачи, строить их математические модели, разрабатывать алгоритмы решения». Изучение образовательного стандарта и типового учебного плана для специальности «Химическая технология переработки природных энергоносителей и углеродных материалов» свидетельствует, что разработчиками учитывался тот факт, что междисциплинарная интеграция дисциплин станет основой развития будущего специалиста. Поэтому для дисциплин «Высшая математика», «Информатика», «Физика» указаны с целью формирования одинаковые компетенции: УК-2 — «Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий»; БПК-1 — «Применять знания

Таблица 3

Базовые математические понятия, используемые в содержании дисциплины «Физика»

Базовые математические понятия	Модуль, в котором используется базовое математическое понятие в курсе «Физика»	Пример
Векторы	Кинематика поступательного движения материальной точки	Уравнение траектории в векторной форме: $\vec{r} = \vec{r}(t) = x(t) \cdot \vec{i} + y(t) \cdot \vec{j} + z(t) \cdot \vec{k}$
	Динамика вращательного движения твердого тела	Момент импульса относительно точки $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$
Производная функции	Кинематика поступательного движения материальной точки	Вектор скорости $\vec{g}(t) = \vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt}$
	Динамика поступательного движения материальной точки	Импульс силы $d\vec{p} = \vec{F}dt$
	Механика жидкости	В случае одномерного течения жидкости (вдоль оси x) величина силы трения описывается законом Ньютона: $\vec{F} = -\eta S \frac{d\vec{g}}{dy}$
	Динамика вращательного движения твердого тела	Второй закон Ньютона для вращательного движения. Момент инерции тел: $mR^2 \frac{d\omega}{dt} = M$
	Термодинамика. Агрегатное состояние вещества	Теплоемкость газа при изохорном процессе $\tilde{N}_V = \frac{dU}{mdT}$
	Колебания твердого тела	Основной закон вращательного движения $M = J\varepsilon = J \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

Таблица 3. Продолжение

Интегралы	Динамика поступательного движения материальной точки	Общий случай работы по перемещению тела по произвольной криволинейной траектории L : $A = \int_L \vec{F} d\vec{r}$
	Термодинамика. Агрегатное состояние вещества	Полная работа при изменении объема газа: $A = \int_{V_1} PdV$
	Молекулярно-кинетическая теория. Основы термодинамики	Распределение Максвелла-Больцмана для концентрации частиц: $dn(v; x, y, z) = \frac{4n_0}{\sqrt{\pi} (v_{ver})^3} \exp \left[-\frac{1}{(v_{ver})^2} \left(v^2 + \frac{2U(x, y, z)}{m_0} \right) \right] v^2 dv dV$
Градиент	Динамика поступательного движения материальной точки	Связь между напряженностью поля и потенциалом в данной точке $\vec{E}(x, y, z) = -grad\phi$
Дифференциальное уравнение	Колебательное движение материальной точки	Уравнения движения можно записать в виде $m \frac{d^2x}{dt^2} + k \cdot x = 0$ где x – координата тела, зависящая от времени t при колебательном движении тела по прямолинейной траектории.
Системы дифференциальных уравнений	Колебания твердого тела	Переменные x_1 и x_2 описывают две степени свободы системы, а движение системы описывается системой уравнений $\begin{cases} m \cdot \frac{d^2x_1}{dt^2} = k(x_2 - 2x_1) \\ m \cdot \frac{d^2x_2}{dt^2} = k(x_1 - 2x_2) \end{cases}$
Частные производные	Явления переноса	Теплопроводность газов

естественнонаучных учебных дисциплин для экспериментального и теоретического изучения, анализа и решения прикладных задач переработки природных энергоносителей»; БПК-2 — «Применять основные методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения профессиональных задач».

Таким образом, проведенное исследование является основанием для проектирования, создания и реализации (в соответствии с введенным нами определением) интегрированного модуля «Моделирование химико-технологических процессов (базовая подготовка)». Далее будем использовать сокращенное его название — «Моделирование». Он включает в себя следующие элементы: учебные программы, учитывающие междисциплинарную интеграцию, согласованный между преподавателями дисциплин порядок изучаемых тем, введения терминов; модели самостоятельной работы студентов с учетом междисциплинарных связей; лабораторные работы междисциплинарного содержания; междисциплинарные задания для внеаудиторной работы

студентов не только по указанным дисциплинам, но и содержащие профессионально ориентированные задачи; УМК нового поколения, спроектированные с учетом полипарадигмального подхода и принципов пролонгации, профессиональной направленности, развивающего обучения по трем дисциплинам «Высшая математика», «Информатика» и «Физика».

Базисной основой и методическим проектом решения поставленной задачи — создания целостной системы обучения — согласно определению ИМ является УМК нового поколения [8; 12; 14]. Продемонстрируем структурно-логическую модель учебно-методического комплекса для дисциплины «Высшая математика» (рис. 1).

В созданном «УМК имеется ядро — совокупность учебных пособий, в каждом из которых спроектированы структурные элементы УМК в сжатой статичной форме. В учебных пособиях, спроектированных аудиторных занятиях содержание указанных дисциплин, необходимое для овладения ими на базовом, прикладном, творческом уровнях,



Рис. 1. Учебно-методический комплекс нового поколения

согласовано со специалистами других кафедр, разработана методика проектирования аудиторных занятий, самостоятельной работы студентов» [12, с. 9].

Специальные средства, часть из которых включена в учебные пособия, представленные еще и отдельно от УМК в развернутой, постоянно совершенствующейся форме, придают ему динамичный характер, создают условия для повышения эффекта от его использования. Они важны для более гибкого применения УМК нового поколения, сопровождения обучения математике с учетом конкретных условий, особенностей потока и данной специальности [12].

Для создания единого образовательного пространства (целостного обучения) между дисциплинами «Высшая математика», «Информатика» и «Физика» применяются специальные средства обучения, включенные в УМК нового поколения, проектируемые на единых научно-методических основаниях. Первый опыт применения и создания большинства структурных элементов УМК (графические схемы, информационные таблицы, алгоритмические и эвристические предписания, частные алгоритмы решения задач, приложения, разработанные в системах компьютерной алгебры) студенты приобретают на аудиторных занятиях по «Высшей математике» и «Информатике» в первом семестре. В этот период целенаправленно формируются навыки культуры учебного труда. При изучении дисциплин «Физика» и «Высшая математика» (2 семестр) студенты учатся самостоятельно создавать названные специальные средства, которые эффективным образом помогают им структурировать, систематизировать, логически организовывать новую информацию.

Следует обратить внимание на важный и востребованный для реализации полипарадигмального подхода структурный элемент указанного УМК: «Фонд профессионально ориентированных заданий». Он фактически содержит потенциал практической реализации

междисциплинарной интеграции в рамках ИМ «Моделирование». Его назначением является также развитие культуры труда студентов и помощи им в овладении элементами поисковой, исследовательской деятельности, формирования компетенции БПК-2 — «Применять основные методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения профессиональных задач».

Применение «Фонда профессионально ориентированных заданий» в процессе обучения математике позволяет стимулировать сильных студентов к расширению своих знаний и возможностей, так как это мотивирует обучаемых к использованию полученных знаний для решения задач из других дисциплин. «При этом студенты получают опыт поисково-исследовательской деятельности в процессе моделирования различных химико-технологических, экологических, энергосберегающих, физических, технических и других процессов. Использование выделенного средства обучения требует от студентов создания четкой структуры решения задачи: постановка задания, создание банка знаний по рассматриваемой проблеме, проектирование и обоснование математической модели, ее исследование и решение вручную либо с помощью программной реализации, качественный анализ полученного решения» [12, с. 9].

Результаты анализа экспериментальных данных [13] позволили сделать вывод: комплексное взаимодействие «Фонда профессионально ориентированных заданий» с другими структурными элементами учебно-методического комплекса создает благоприятные дидактические условия в обучении трех дисциплин, находящихся в состоянии междисциплинарной интеграции в ИМ «Моделирование». Фонд обеспечивает также междисциплинарную интеграцию с дисциплинами, с которыми «Высшая математика» находится в состоянии перспективных связей. Указанный факт является существенным

и реальным основанием формирования, востребованного современным обществом и экономическим развитием страны специалиста, имеющего, в частности, глубокие, прочные знания по высшей математике.

Следует отметить, что значительная часть заданий «Фонда профессионально ориентированных заданий» разработана с учетом принципов пролонгации и профессиональной направленности, междисциплинарной интеграции. Выполнение их требует знаний из смежных дисциплин («Информатика», «Численные методы»), а также специальных («Физическая химия» и др.). В каждом модуле дисциплины «Высшая математика» спроектирована система заданий, согласованных с выпускающими кафедрами и имеющих профессиональную направленность. Например, в модуль «Элементы линейной алгебры» включены задачи на расчет смесей сложного состава, исследование состава смеси и другие. В модуль «Дифференциальное исчисление функции одной переменной» — на максимум скорости окисления оксида азота и другие; в модуль «Функции нескольких переменных» — на исследование процесса многоступенчатой экстракции и другие.

Приведем примеры заданий.

Диск вращается согласно уравнению $\varphi = 5 - 2t + 0,2t^3$ рад. Радиус диска $R = 1$ м. Определите: 1) угловую и линейную скорости точек на окружности диска; 2) угловое, тангенциальное, нормальное ускорения этих точек для момента времени $t = 10$ с, а также угол поворота радиуса диска.

В резервуаре цеха по производству нашатырного спирта первоначально содержится 200 кг аммиака, первоначальный объем раствора равен 800 м^3 . В резервуар каждую минуту поступает 100 м^3 воды, и одновременно из него через трещину в основании вытекает 1 м^3 раствора. Концентрация в резервуаре сохраняется равномерной за счет перемешивания.

Найти количество аммиака в резервуаре через 40 мин. после начала наблюдений.

Катер на подводных крыльях, общая площадь поверхностей которых $S = 50 \text{ м}^2$, движется с постоянной скоростью $v_k = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ относительно поверхности воды. Сила вязкого трения о воду составляет 1% полной силы сопротивления воды, действующей на катер. Полезная мощность двигателя $N = 100 \text{ кВт}$, коэффициент вязкости воды $\eta = 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Считая закон распределения скоростей увлекаемых слоев воды по вертикали линейным, оценить толщину слоев воды d , расположенных выше и ниже подводных крыльев катера, которые увлекаются катером при его движении.

Приведенные задачи входят в «Фонд профессионально ориентированных заданий» и демонстрируют предшествующие и сопутствующие междисциплинарные связи дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Информатика», а также перспективные междисциплинарные связи высшей математики с отдельными общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Задачи из фонда обеспечивают реализацию междисциплинарной интеграции в обучении студентов конкретной специальности с позиций полипарадигмального подхода и выявленных условий установления взаимосвязей содержания общепрофессиональных и специальных дисциплин с курсом математики.

Указанная методика применения УМК целенаправленно способствует реализации принципа развивающего обучения. Внедрение в учебный процесс специальности «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» интегрированного модуля «Моделирование», объединяющего дисциплины «Высшая математика», «Физика» и «Информатика», продемонстрировало при скоординированной деятельности педагогов и студентов свою эффективность в результатах достижения целей обучения указанных дисциплин и выделенных к формированию компетенций будущего инженера-технолога [13].

Заключение

Таким образом, междисциплинарная интеграция возможна, если у ряда дисциплин существует единое объединяющее начало в разном содержании, которое может быть представлено предшествующими и сопутствующими междисциплинарными связями. В результате такой междисциплинарной интеграции обеспечивается целостность обучения, создание нового, более интегрированного содержания учебного материала, направленного не только на решение отдельных прикладных задач, но и на непрерывное взаимодействие выделенных дисциплин с целью повышения эффективности обучения студентов и усиления их профессиональной подготовки.

Одним из возможных реальных способов реализации междисциплинарной интеграции относительно обучения математике на технических специальностях является интегрированный модуль. В результате объединения дисциплин в ИМ они не теряют собственного

методолого-эпистемологического статуса и самостоятельности, выстраивают междисциплинарные связи с учетом их содержательного своеобразия. При этом приобретенные в ИМ знания, умения, навыки и сформированные компетенции являются важным параметром влияния на дальнейшее эффективное изучение студентами общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Базисной основой и проектом обеспечения эффективности обучения в интегрированном модуле является УМК нового поколения, разработанный с позиций методологии полипарадигмального подхода и учетом принципов пролонгации, профессиональной направленности, развивающего обучения. Посредством активного, взаимосвязанного применения структурных элементов УМК нового поколения при определяющей роли «Фонда профессионально ориентированных заданий» междисциплинарная интеграция реализуется как принцип, как процесс и как результат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнян Р. В. Установка междисциплинарных и межпредметных связей профессиональной дисциплины как составляющая междисциплинарная интеграция (на примере подготовки бакалавров-связистов) // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. № 2. С. 229–232.
2. Бельницкая Е. А., Аршанский Е. Я. Профессиональный контекст содержания практико-ориентированных задач по химии в условиях профильного обучения // Инновационные обучающие технологии в медицине: сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием (Витебск, 2 июня 2017 г.). Витебск: Витебский государственный медицинский университет, 2017. С. 569–572.
3. Бровка Н. В. Об интеграции теории и практики обучения студентов математике // Международные Колмогоровские чтения–XII: материалы международной конференции. 20 мая–23 мая 2014 г. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2014. С. 32–35.
4. Бурая И. В. Опыт реализации компетентностно-модульного подхода в подготовке инженеров-химиков-технологов для нефтеперерабатывающей промышленности // Вышэйшая школа: навукова-метадычны і публіцыстычны часопіс. 2015. № 6 (110). С. 8–12.
5. Бушмакина Ю. В. Междисциплинарный подход в современном историческом знании // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 3. Гуманитарные и общественные науки. 2017. № 2. С. 7–20.
6. Вакульчик В. С., Мателенок А. П. Разработка и реализация УМК в обучении математике студентов технических специальностей с позиций полипарадигмального подхода // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. 2019. № 7. С. 64–68. <https://doi.org/10.25206/2307-5430-2019-7-64-68>
7. Вакульчик В. С., Мателенок А. П. Формирование компетенций исследовательской деятельности студентов технических специальностей в математическом междисциплинарном модуле // Вышэйшая школа: навукова-метадычны і публіцыстычны часопіс. 2021. № 1 (141). С. 27–32.
8. Вакульчик В. С., Мателенок А. П. УМК как средство формирования познавательной самостоятельности в контексте компетентностной модели подготовки выпускника вуза // Вестник Санкт-Петербургского

государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: экономические, гуманитарные и общественные науки. 2018. № 2. С. 90–98.

9. Жук О. Л. Междисциплинарная интеграция на основе принципов устойчивого развития как условие повышения качества профессиональной подготовки студентов // Веснік БДУ. Серыя 4: Філалогія. Журналістыка. Педагогіка. 2014. № 3. С. 64–70.

10. Зверев И. Д. Взаимная связь учебных предметов. М.: Знание, 1977. 64 с.

11. Лихачева Л. С. Проблема полипарадигмальности в методологии социального познания // Толерантность в контексте многоукладности российской культуры: тезисы Международной научной конференции. Екатеринбург, 29–30 мая 2001 г. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2001. С. 27–29.

12. Мателенок А. П. Научно-методические основы разработки и использования учебно-методического комплекса по математике для студентов технических специальностей (на примере специальностей «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Системы водного хозяйства и теплогазоснабжения»): автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 2020. 29 с.

13. Мателенок А. П. Статистическая проверка эффективности учебно-методического комплекса по математике как средства оптимизации самостоятельной деятельности студентов технических специальностей // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2019. № 1 (102). С. 99–106.

14. Мателенок А. П., Вакульчик В. С. Проектирование учебно-методического комплекса в обучении математике студентов технических специальностей на методологическом уровне // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Е: Педагогические науки. 2019. № 7. С. 39–48.

15. Новиков Д. А. Введение в теорию управления образовательными системами. М.: Эгвес, 2009. 156 с.

16. Поршинева О. С. Становление междисциплинарной парадигмы исторического знания, ее возможности и ограничения // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: История, филология. 2013. Т. 12. № 1. С. 84–91.

17. Савина А. К. Междисциплинарные научно-педагогические исследования в современной Польше: реальность и риски // Отечественная и зарубежная педагогика. 2018. Т. 1. № 1 (46). С. 44–59.

18. Скатецкий В. Г. Профессиональная направленность преподавания математики: теоретический и практический аспекты. Минск: Белорусский государственный университет, 2000. 158 с.

19. Старикова О. Г. Современные образовательные стратегии высшей школы: полипарадигмальный подход: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. Краснодар, 2011. 49 с.

20. Шершинева В. А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. Красноярск, 2011. 47 с.

21. Шестакова Л. А. Теоретические основания междисциплинарной интеграции в образовательном процессе вузов // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 3: Педагогика. Психология. Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 1 (2). С. 47–52.

22. Dudzikowa M. Sytuacja problematyczna interdyscyplinarnosci w naukach społecznych i humanistycznych / Interdyscyplinarnie o interdyscyplinarnosci. Miedzy idea a praktyka. Krakow: Wydawnictwo "Impuls", 2012. 395 p.

23. Vakulchik V. S., Matelenak A. P. Particular algorithm method as methodological technique of implementation of cognitivevisual approach to teaching engineering students mathematics // Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. 2015. Vol. 3. No. 45 (22). P. 18–23.

REFERENCES

1. Arutyunyan R. V. Ustanovka mezhdistsiplinarykh i mezhpredmetnykh svyazey professional'noj distsipliny kak sostavlyayushchaya mezhdistsiplinarynaya integratsiya (na primere podgotovki bakalavrov-svyazistov) // Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki. 2015. № 2. S. 229–232.

2. Bel'nitskaya E. A., Arshanskij E. Ya. Professional'nyj kontekst sodержaniya praktiko-orientirovannykh zadach po khimii v usloviyakh profil'nogo obucheniya // Innovatsionnye obuchayushchie tekhnologii v meditsine: sbornik materialov Respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Vitebsk, 2 iyunya 2017 g.). Vitebsk: Vitebskij gosudarstvennyj meditsinskij universitet, 2017. S. 569–572.

3. Brovka N. V. Ob integratsii teorii i praktiki obucheniya studentov matematike // Mezhdunarodnye Kolmogorovskie chteniya—XII: materialy mezhdunarodnoj konferentsii. 20 maya–23 maya 2014 g. Yaroslavl: Izd-vo YaGPU, 2014. S. 32–35.

4. Buraya I. V. Opyt realizatsii kompetentnostno-modul'nogo podkhoda v podgotovke inzhenerov-khimikov-tekhnologov dlya neftepererabatyvayushchej promyshlennosti // Vyshejschaya shkola: navukova-metadychny i publitsystrychny chasopis. 2015. № 6 (110). S. 8–12.

5. *Bushmakina Yu. V.* Mezhdistsiplinaryj podkhod v sovremennom istoricheskom znanii // Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya № 3. Gumanitarnye i obshchestvennye nauki. 2017. № 2. S. 7–20.

6. *Vakul'chik V. S., Matelenok A. P.* Razrabotka i realizatsiya UMK v obuchenii matematike studentov tekhnicheskikh spetsial'nostej s pozitsij poliparadigmal'nogo podkhoda // Aktual'nye problemy prepodavaniya matematiki v tekhnicheskom vuze. 2019. № 7. S. 64–68. <https://doi.org/10.25206/2307-5430-2019-7-64-68>

7. *Vakul'chik V. S., Matelenok A. P.* Formirovanie kompetentsij issledovatel'skoj deyatel'nosti studentov tekhnicheskikh spetsial'nostej v matematicheskom mezhdistsiplinarynom module // Vyshejschaya shkola: navukova-metadychny i publitsystychny chasopis. 2021. № 1 (141). S. 27–32.

8. *Vakul'chik V. S., Matelenok A. P.* UMK kak sredstvo formirovaniya poznavatel'noj samostoyatel'nosti v kontekste kompetentnoj modeli podgotovki vypusknika vuza // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 3: ekonomicheskie, gumanitarnye i obshchestvennye nauki. 2018. № 2. S. 90–98.

9. *Zhuk O. L.* Mezhdistsiplinarynaya integratsiya na osnove printsipov ustojchivogo razvitiya kak uslovie povysheniya kachestva professional'noj podgotovki studentov // Vestnik BDU. Seriya 4: Filologiya. Zhurnalistyka. Pedagogika. 2014. № 3. S. 64–70.

10. *Zverev I. D.* Vzaimnaya svyaz' uchebnykh predmetov. M.: Znanie, 1977. 64 s.

11. *Likhacheva L. S.* Problema poliparadigmal'nosti v metodologii sotsial'nogo poznaniya // Tolerantnost' v kontekste mnogoukladnosti rossijskoj kul'tury: tezisy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii. Ekaterinburg, 29–30 maya 2001 g. Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo universiteta, 2001. S. 27–29.

12. *Matelenok A. P.* Nauchno-metodicheskie osnovy razrabotki i ispol'zovaniya uchebno-metodicheskogo kompleksa po matematike dlya studentov tekhnicheskikh spetsial'nostej (na primere spetsial'nostej "Khimicheskaya tekhnologiya prirodnykh energonositelej i uglerodnykh materialov", "Sistemy vodnogo khozyajstva i teplogazosnabzheniya"): avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. M., 2020. 29 s.

13. *Matelenok A. P.* Statisticheskaya proverka effektivnosti uchebno-metodicheskogo kompleksa po matematike kak sredstva optimizatsii samostoyatel'noj deyatel'nosti studentov tekhnicheskikh spetsial'nostej // Vestnik Vitsebskaga dzyarzhaj'naga universiteta. 2019. № 1 (102). S. 99–106.

14. *Matelenok A. P., Vakul'chik V. S.* Proektirovanie uchebno-metodicheskogo kompleksa v obuchenii matematike studentov tekhnicheskikh spetsial'nostej na metodologicheskom urovne // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya E: Pedagogicheskie nauki. 2019. № 7. S. 39–48.

15. *Novikov D. A.* Vvedenie v teoriyu upravleniya obrazovatel'nymi sistemami. M.: Egves, 2009. 156 s.

16. *Porshneva O. S.* Stanovlenie mezhdistsiplinarynoj paradigmy istoricheskogo znaniya, ee vozmozhnosti i ogranicheniya // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya, filologiya. 2013. T. 12. № 1. S. 84–91.

17. *Savina A. K.* Mezhdistsiplinarynye nauchno-pedagogicheskie issledovaniya v sovremennoj Pol'she: real'nost' i riski // Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika. 2018. T. 1. № 1 (46). S. 44–59.

18. *Skatetskij V. G.* Professional'naya napravlenost' prepodavaniya matematiki: teoreticheskij i prakticheskij aspekty. Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj universitet, 2000. 158 s.

19. *Starikova O. G.* Sovremennye obrazovatel'nye strategii vysshej shkoly: poliparadigmal'nyj podkhod: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk. Krasnodar, 2011. 49 s.

20. *Shershneva V. A.* Formirovanie matematicheskoy kompetentnosti studentov inzhener'nogo vuza na osnove poliparadigmal'nogo podkhoda: avtoref. dis. ... d-ra ped. nauk. Krasnoyarsk, 2011. 47 s.

21. *Shestakova L. A.* Teoreticheskie osnovaniya mezhdistsiplinarynoj integratsii v obrazovatel'nom protsesse vuzov // Vestnik Moskovskogo universiteta imeni S. Yu. Vitte. Seriya 3: Pedagogika. Psikhologiya. Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. 2013. № 1 (2). S. 47–52.

22. *Dudzikowa M.* Sytuacja problematyczna interdyscyplinarnosci w naukach spolecznych i humanisyticznych / Interdyscyplinarynie o interdyscyplinarnosci. Miedzy idea a praktyka. Krakow: Wydawnictwo "Impuls", 2012. 395 p.

23. *Vakulchik V. S., Matelenok A. P.* Particular algorithm method as methodological technique of implementation of cognitivevisual approach to teaching engineering students mathematics // Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. 2015. Vol. 3. No. 45 (22). P. 18–23.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

МАТЕЛЕНОК Анастасия Петровна — *Anastasiya P. Matelenok*.

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк, Республика Беларусь.

Saint Euphrosyne Polotsk State University, Novopolotsk, Republic of Belarus.

E-mail: kuznetsova@tut.by

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики и компьютерной безопасности.

ВАКУЛЬЧИК Валентина Степановна — *Valentina S. Vakulchik*.

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк, Республика Беларусь

Saint Euphrosyne Polotsk State University, Novopolotsk, Republic of Belarus.

E-mail: Vaculchik@tut.by

Кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры математики и компьютерной безопасности.