Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology https://mir-nauki.com

2024, Том 12, № 4 / 2024, Vol. 12, Iss. 4 https://mir-nauki.com/issue-4-2024.html

URL статьи: https://mir-nauki.com/PDF/46PDMN424.pdf

5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования) (педагогические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Петрова, Л. С. Комплексный подход к развитию системного мышления при освоении специальных глав высшей математики / Л. С. Петрова // Мир науки. Педагогика и психология. — 2024. — Т. 12. — № 4. — URL: https://mir-nauki.com/PDF/46PDMN424.pdf

For citation:
Petrova L.S. An integrated approach to the development of systems thinking then mastering special chapters of higher mathematics. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2024;12(4): 46PDMN424. Available at: https://mir-nauki.com/PDF/46PDMN424.pdf. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 378.147

Петрова Лилия Сергеевна
ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», Омск, Россия
Доцент кафедры «Высшая математика»
Кандидат педагогических наук, доцент по специальности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»
E-mail: petrov.306@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0951-2582
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687889

Комплексный подход к развитию системного мышления при освоении специальных глав высшей математики

Аннотация. Обновление образовательных стандартов в контексте метапредметного подхода к обучению стимулирует поиск способов развития универсальных (метапредметных) компетенций у студентов инженерно-технических профилей и специализаций. В статье отмечается высокий потенциал предметной области специальных глав высшей математики для развития системного мышления в контексте формирования универсальных компетенций за счет раскрытия реальных системных моделей с использованием математического аппарата теории функций комплексного переменного, операционного исчисления и математической физики. Рассматривается комплексный подход к развитию системного мышления на основе принципов вариативности и интеграции при обучении специальным главам высшей математики. На основе анализа и адаптации методик развития системности мышления для диагностики уровня развития системного мышления у студентов при освоении специальных глав высшей математики определены минимальный, основной и творческий уровни. Представлены направления реализации принципа вариативности при отборе и систематизации содержания обучения. В соответствии с выделенными направлениями вариативности приведены примеры комплексных заданий с использованием классических аналитических и численных методов решения поставленных задач с применением системы MathCAD. Представлены результаты исследования системности мышления у студентов инженерно-технических профилей и специализаций, осваивающих специальные главы высшей математики на разных этапах обучения: начальном, ключевом и завершающем.

Ключевые слова: комплексный подход; универсальные компетенции; системное мышление; принцип вариативности; принцип интеграции; направления вариативности; комплексные задания

Введение

Актуализацию задачи развития универсальных (метапредметных) компетенций у студентов инженерно-технических профилей и специализаций обусловливают современные тенденции обновления образовательных стандартов в контексте реализации метапредметного обучения.

В нормативных документах для всех уровней высшего образования (специалитета, бакалавриата и магистратуры) независимо от специальности и направления подготовки системное и критическое мышление относят к универсальным компетенциям. При этом системное мышление в педагогике определяется как мышление, при котором объект мыслительной деятельности рассматривается как система, имеющая соответствующие свойства, отношения и закономерности, а познавательная деятельность в этом случае направлена на установление связей между явлением и предметами, на выявление существующих закономерностей и прогнозирование их развития [1]. Что обусловливает использование в качестве инструментария развития системного мышления разнообразных методов и средств моделирования процессов, объектов и явлений, рассматриваемых как систем (М.С. Мотышина [2], Г.В. Лаврентьев, Н.Б. Лаврентьева [3], В.А. Спивак [1]).

Предметная область специальных глав высшей математики, содержащая методы математической физики для решения дифференциальных уравнений с частными производными (гиперболических, параболических, эллиптических), в том числе с использованием математического аппарата теории функций комплексного переменного и операционного исчисления, позволяет рассматривать реальные системные модели, акцентируя внимание на цельном видении системы и её анализе.

Материалы и методы

В теории системных методологий разграничиваются понятия «жесткого» и «мягкого» системного мышления, с приоритетным использованием «жестких» методологий при исследовании структурированных проблем (объектом исследования являются строгие формальные модели и системы) и применением «мягких» системных методов в социально-экономических системах при выстраивании управленческой деятельности (системные модели включают различные точки зрения, которые системно исследуются с определением сходств и отличий) [4; 5].

Среди показателей системного мышления исследователями [6; 7] выделяются следующие умения и навыки:

- узнавать системные объекты и отличать их от несистемных;
- видеть систему как иерархическую структуру взаимодействующих между собой элементов;
- выделять общий принцип построения системы и её интегративные свойства;
- конструировать на основе заданных интегративных свойств новую систему или разрабатывать и использовать модель системы;
- выделять базовые элементы системы;
- критически оценивать ситуацию в условиях системного подхода к анализу явлений и процессов;
- рефлексировать в условиях реализации системного подхода к анализу явлений и процессов;
- анализировать и прогнозировать развитие системы.

На основе представленных умений и навыков исследователями выделяются основные уровни системности мышления: досистемный, эмпирико-системный, интегративно-системный, конструктивно-системный (И.А. Сычев [6]); описательный, упрощенный, основной анализ, теоретическое умозаключение, обобщающий, трансляция системного мышления (З.А. Решетова), недопустимый, начальный, достаточный, высокий (Е.А. Волкова) [8]. Обобщая описание критериев представленных уровней, можно условно к минимальному уровню отнести начальный уровень (эмпирико-системный, описательный и упрощенный), к основному — достаточный (интегративно-системный, основной анализ, теоретическое умозаключение, обобщающий), а к творческому — высокий (конструктивно-системный, трансляция системного мышления).

Необходимо отметить, что исследователями при описании критериев, соответствующий выделенным уровням системности мышления, описываются умения и навыки комплексного применения методов исследования, моделирования, прогнозирования непосредственного состояния и перспективного поведения системы.

Особое внимание уделяется современными исследователями вопросам развития системного мышления посредством расширения предметной области обучения за счет комплексного использования возможностей информационных технологий в направлениях компьютерного моделирования, теоретического проектирование с реализацией сложных расчетов и интерпретации полученных результатов, выполнение комплексных заданий межпредметного и прикладного характера с применением разнообразных программных средств [2; 3; 6; 8; 9].

Для развития системного мышления у обучающихся в контексте формирования методологической культуры личности требуется комплексный подход, раскрывающийся через понятия «целостность», «системность», «многосторонность», «преемственность», «планомерность», «согласованность» [10–12]. В данном контексте комплексный подход рассматривается как объединение разнокачественных подсистем в полисистему для повышения качества подготовки специалистов на технологической основе [3].

Реализация комплексного подхода к развитию системного мышления через раскрытие интегративной сущности содержания обучения с использованием разнообразных средств обучения и варьированием содержательных составляющих позволяет разрешить противоречия между необходимостью выявления общих концептуальных подходов и демонстрацией многообразия применения теоретических знаний для решения практических и прикладных задач при освоении отдельных учебных дисциплин.

Современными исследователями рассматриваются различные аспекты концепции вариативности: описывается опыт внедрения принципа вариативности в практику дополнительного профессионального образования по установленным направлениям (выбор образовательной программы, формирование индивидуального образовательного маршрута, отбор содержания и варианта проведения аттестационных испытаний) [13]; рассматривается принцип вариативности как один из принципов организации процесса воспитания личности [14]; обсуждается вариативное профессионально-ориентированное иноязычное образование в условиях многопрофильного неязыкового вуза посредством выбора содержания, методов, форм и средств обучения, отвечающих запросам личности [15]; рассматривается реализация принципа вариативности при проведении итогового контроля при обучении специальным разделам математики [16]. В работе В.З. Юсупова [17] обосновывается необходимость разработки междисциплинарных модулей, объединяющих содержание учебных дисциплин обязательных и вариативных частей основных образовательных программ, на основе принципа вариативности с реализацией интегративной стратегии проектирования содержания профессионального образования.

Для развития системного мышления посредством формирования системных обобщённых знаний, овладения умениями и навыками комплексного применения методов исследования (моделирования, прогнозирования) и способами проектной деятельности требуется реализация комплексного подхода на основе принципов вариативности и интеграции через расширение предметной области обучения за счет использования теоретического проектирования с раскрытием внутрипредметных и междисциплинарных интегративных связей и выполнения комплексных заданий межпредметного и прикладного характера с применением разнообразных программных средств [18].

Результаты исследования

Развитие системности мышления при обучении специальным главам высшей математики студентов инженерно-технических профилей и специализаций на уровнях бакалавриата (специалитета) и магистратуры достигается расширением области теоретических и прикладных знаний за счет установления внутрипредметных и междисциплинарных (прикладных) интегративных связей, а также за счет раскрытия реальных системных моделей с использованием математического аппарата теории функций комплексного переменного, операционного исчисления и методов математической физики.

Использование программного обеспечения (в частности, MathCAD) при освоении специальных глав высшей математики позволяет обучающимся овладеть навыками комплексной реализации сложных расчетных схем и применения разнообразных математических методов, предоставляет возможность рассматривать аналитические и численные методы решения прикладных и профессионально-ориентированных задач, расширяя вариативность содержания обучения. Математический потенциал таких программных средств позволяет рассматривать решение задач по тематике специальных глав высшей математики студентами бакалавриата (специалитета) и магистратуры с применением символьных преобразований, встроенных функций и программированием алгоритмов [18].

Таблица 1

Направления реализации принципа вариативности при структурировании содержания обучения специальным главам высшей математики

Вариативность содержания обучения с учетом особенностей профессиональной направленности		
Методы математической физики для решения дифференциальных уравнений с частными производными в теории теплопроводности	Методы математической физики для решения дифференциальных уравнений с частными производными в теории электромагнетизма	Методы математической физики для решения дифференциальных уравнений с частными производными в механике
Вариативность при выборе метода решения задач		
Аналитические методы решения задач	Численные методы решения задач	
Вариативность при определении уровней сложности содержания обучения		
Базовый уровень	Повышенный уровень	Творческий уровень
Вариативность при использовании информационных технологий		
Реализация аналитических методов решения задач с помощью операторов символьных преобразований и вычислений системы MathCAD	Реализация численных методов решения задач с помощью встроенных функций системы MathCAD	Реализация численных методов решения задач с программированием алгоритмов в системе MathCAD

Составлено автором

Реализация принципа вариативности при структурировании содержания обучения специальным главам высшей математики студентов, обучающихся по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» (13.03.01 — бакалавриат, 13.04.01 — магистратура),

«Электроэнергетика и электротехника» (13.03.02 — бакалавриат, 13.04.02 — магистратура) и по специальности 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог», осуществлялась по следующим основным направлениям: вариативность содержания обучения с учетом особенностей профессиональной направленности; вариативность при выборе метода решения задач; вариативность при определении уровней сложности содержания обучения; вариативность при использовании информационных технологий. Описание приведенных направлений представлено в таблице 1.

В соответствии с представленными направлениями вариативности осуществлялась систематизация содержания обучения на основе отбора разнообразных комплексных заданий, выполнение которых предусматривает применение системы MathCAD при реализации аналитических и численных методов решения поставленных задач, в сочетании с выделением универсальной теоретической составляющей и общих концептуальных подходов к реализации математических методов.

В качестве примера комплексного задания межсистемного уровня комплексности (выполнение поставленного задания раскрывает межпредметные связи двух и более дисциплин) приводится задание для магистрантов по тематике математического моделирования нестационарных процессов на основе дифференциальных уравнений с частными производными (ДУЧП) гиперболического типа. Задание, предусматривающее программирование алгоритма для реализации неявной разностной схемы в системе MathCAD, включает три профессионально-ориентированные задачи. Студенту необходимо выбрать одну из трех задач в соответствии с профессиональной направленностью или интересующего его прикладного аспекта в теории теплопроводности, электромагнетизма, механики.

Задание 1. Представить численное решение задачи в системе MathCAD, используя метод сеток с реализацией неявной разностной схемы.

Задача 1.1. Задачи о расчёте температурного поля при высокоинтенсивном нагреве тела с учетом релаксации теплового потока.

Рассматривается обработка металлического образца, толщиной $L = 1$ мкм, лазерным излучением (поглощение энергии излучения моделируется объемным источником). Плотность потока энергии излучения задается как функция времени $q_0(\tau) = q_{\max} \sin\frac{\pi\tau}{\tau_d}$, где $q_{\max}$ — максимальное значение плотности теплового потока, $q_{\max} = 10^{13}$ Вт/м^2, τ_d — длительность импульса, $\tau_d = 2$ нс. Время релаксации теплового потока $\tau_r = 0{,}5$ нс. Температура в начальный момент времени является постоянной и равной 300 К, а скорость изменения температуры в начальный момент времени принимается равной нулю. На границах заданы граничные условия второго рода. Рассчитать температурное поле до момента времени $\tau_k = 2$ нс, вывести график функции изменения температуры во времени при $x = 0$ мкм и $x = 0{,}15$ мкм. Значения теплофизических и оптических характеристик: $\lambda = 160{,}9$ Вт/(м·К); $\gamma = c\cdot\rho = 3{,}4\cdot10^6$ Дж/(м^3·К); $A = 0{,}23$; $\alpha = 10^7$ 1/м.

Задача 1.2. Задача о расчете распределения действующих значений напряжения вдоль линии без потерь.

Найти распределение напряжения в линии без потерь, если начальный ток в ней равен нулю, а начальное напряжение задается формулой $E = 10\sin\frac{\pi x}{2l}$. Длина линии $l = 12$ км, погонная самоиндукция $L_0 = 0{,}016$ Гн/км и погонная емкость $C_0 = 0{,}1\cdot10^{-6}$ Ф/км. Левый конец линии ($x = 0$) заземлен, а правый конец ($x = l$) изолирован. Вывести график распределения напряжения в линии в момент времени $t = 0{,}0003$ с.

Задача 1.3. Задача о вынужденных продольных колебаниях упругого однородного ограниченного стержня.

Буровая штанга представляет собой стальную трубу длиной 101,6 м. Рассматриваем штангу как стержень с незакрепленными концами, определите период колебания T_1 основного тона. Найдите перемещение конца $x = l$ в момент времени $T = T_1/2$, обусловленное внезапным приложением к этому концу растягивающего напряжения $\sigma = P_0/S = 2{,}11\cdot10^7$ Па. Принимается, что $E = 1{,}45\cdot10^9$ Па, $\rho = 7{,}85\cdot10^3$ (Н·с^2)/м^4, [кг/м^3].

Составление математической модели для каждой из поставленных задач сводится к решению смешанной задачи для ДУЧП гиперболического типа с граничными условиями первого и второго рода. Реализация численного решения второй и третьей задачи в системе MathCAD с применением встроенной функции pdesolve невозможна в силу малых значений физических величин (для задачи 1.2) и использования в математической постановке задач импульсной функции (для задачи 1.3).

Пример комплексного задания смешанного уровня комплексности (при выполнении поставленного задания применяется математический аппарат различных разделов изучаемой дисциплины и других дисциплин), выполняемого на уровне бакалавриата (специалитета), предусматривает получение аналитического и численного решений для волнового уравнения на основе использования операторов символьных преобразований, встроенных функций и палитры инструментов «Программирование».

Задание 2. Решить смешанную задачу для волнового уравнения:

$$\begin{cases} u''_{tt}(x,t) = 2u''_{xx}(x,t),\ 0<x<4,\ t>0; \\ u(0,t) = u(4,t) = 0,\ t\ge 0; \\ u(x,0) = 0,\ 0\le x\le 4; \\ u'_t(x,0) = \sin\dfrac{\pi x}{2},\ 0\le x\le 4. \end{cases}$$

Получите аналитическое решение задачи с применением операторов символьных преобразований в системе MathCAD. Напишите программу для численного решения поставленной задачи в системе MathCAD, используя: (а) встроенную функцию; (б) метод сеток с применением явной разностной схемы.

Реализация аналитического решения данной задачи методом разделения переменных предусматривает применение операторов символьных преобразований для вычисления интегралов при нахождении коэффициентов ряда, определяющего решение задачи. Для численного решения поставленной задачи в системе MathCAD с применением встроенной функции pdesolve дифференциальное уравнение преобразуется в систему двух уравнений первого порядка по времени введением новой зависимой переменной $v(x,t)$. Получение численного решения поставленной задачи в системе MathCAD методом сеток с использованием конечно-разностных аппроксимаций реализуется с применением явной разностной схемы и программированием алгоритма.

Обучение специальным главам высшей математики с использованием комплексных заданий способствует развитию системных умений, навыков и способов деятельности: обобщению, систематизации, комплексному восприятию проблемных ситуаций, осуществлению сравнительного анализа, стратегическому планированию и прогнозированию.

Для оценки уровня развития системного мышления у студентов инженерно-технических профилей и специализаций при освоении специальных глав высшей математики нами определены минимальный, основной и творческий уровни. При этом критерии минимального

уровня включают: умение распознавать и дифференцировать системные объекты, понимание их структурных элементов и основных функций, владение навыками реализации предложенного метода решения поставленной задачи. Основной уровень развития системного мышления характеризуется способностью выделять системные принципы и закономерности, интегративные свойства и определяющие функции, умением обоснованного выбора метода решения поставленной задачи. К критериям творческого уровня относится умение на основе анализа системной структуры и основополагающих свойств объекта описывать и разрабатывать модель системы с реализацией различных подходов к решению поставленной задачи и сопоставлением полученных результатов.

Результаты исследования проиллюстрированы на рисунке 1, отображающем распределение студентов, обучающихся специальным главам высшей математики на втором курсе бакалавриата (специалитета) и магистратуры при освоении дополнительных глав математического моделирования, по уровням, характеризующим системность мышления на разных этапах обучения: начальном (первая контрольная неделя — КН-1), ключевом (вторая контрольная неделя — КН-2) и завершающем (третья контрольная неделя — КН-3).

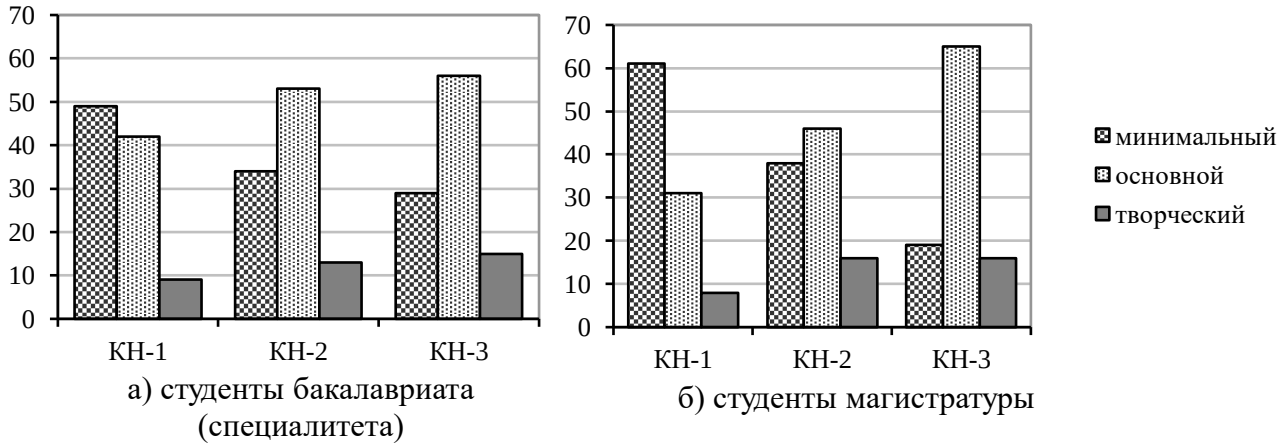

Рисунок 1. *Распределение студентов технических направлений и специальностей по уровням развития системного мышления (разработано автором)*

Отметим, что на завершающем этапе у большей части студентов, обучающихся в ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» на уровне бакалавриата (специалитета) по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника», «Электроэнергетика и электротехника» и по специальности «Подвижной состав железных дорог» (группы 41 ж, п, г, д, е, с, 2022/2023 уч. год), а также на уровне магистратуры (группы 42 м, т, 2023/2024 уч. год), развитие системного мышления фиксируется на основном и творческом уровнях.

Обсуждение

Результаты проведенного исследования показали, что реализация комплексного подхода к развитию системного мышления на основе принципов вариативности и интеграции при освоении специальных глав высшей математики эффективна в случае раскрытия интегративной сущности содержания обучения с применением разнообразных программных средств (в частности, системы MathCAD) и варьированием содержательных составляющих в соответствии с выделенными направлениями вариативности и использованием комплексных заданий. Применение системы MathCAD при выполнении комплексных заданий позволяет реализовывать аналитические и численные методы решения поставленных задач с

использованием операторов символьных преобразований, встроенных функций и программированием алгоритмов.

Комплексный подход к развитию системности мышления в рамках освоения непрофильных учебных дисциплин способствует установлению общих идейных направлений и концептуальных подходов на внутрипредметном и междисциплинарном уровнях, развитию навыков творческого видения, комплексного и системного анализа при решении поставленных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спивак В.А. Системный подход и системное мышление как универсальная компетенция специалиста и руководителя: монография. — Чебоксары: Среда, 2022. — 136 с.
2. Мотышина М.С. Метапредметное обучение и цифровые технологии в подготовке магистрантов // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: материалы IV Международной научной конференции. В 2 ч. Ч. 1. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2020. — С. 278–282.
3. Лаврентьев Г.В., Лаврентьева Н.Б. Методологический анализ системного и комплексного подходов в обучении // Актуальные проблемы теории и практики современного образования: избранные педагогические труды по материалам Международных научно-практических конференций — Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет, 2018. — С. 154–158.
4. Збрищак С.Г. Эволюция системного мышления от «жесткого» к «мягкому» // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции. Том Часть 1. — Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2018. — С. 188–199.
5. Джексон М.С. Системному мышлению в менеджменте — пятьдесят лет // Проблемы управления в социальных системах. — 2011. — Т 2, № 4. — С. 50–67.
6. Сычев И.А. Формирование системного мышления в обучении средствами информационно-коммуникационных технологий: монография / И.А. Сычёв, О.А. Сычёв. — Бийск: ФГБОУ ВПО «АГАО», 2011. — 161 с.
7. Панов А.В., Федорова М.А. Формирование системного мышления // Омский научный вестник. — 2014. — № 4(131). — С. 162–165.
8. Мащенко М.В., Волкова Е.А. Развитие системного стиля мышления старшеклассников в процессе обучения информатике: монография. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2017. — 100 с.
9. Табачук Н.П. Развитие информационной компетенции студентов в процессе картирования и скрайбинга // Вопросы образования и психологии: монография. — Чебоксары: Среда, 2020. — С. 93–105.
10. Красин М.С. Комплексный подход к обучению решению физических задач как фактор развития методологической культуры учащихся // Наука и школа. — 2013. — № 6. — С. 103–109.

11. Бузаров К.И. Комплексный подход как методологический принцип построения воспитательной системы школы (теоретический аспект) // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. — 2012. — № 2. — С. 32–36.

12. Гузнова А.В., Павлова О.А., Литвинчук В.И. Комплексный подход в подготовке и проведении единой онлайн-лекции // KANT. — 2022. — № 1(42). — С. 216–220.

13. Вейдт В.П. Реализация принципа вариативности в системе дополнительного профессионального образования: опыт Калининградского областного института развития образования // Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». — 2021. — № 2(10) / июль. — С. 20–28. — URL: https://koirojournal.ru/realises/g2021/05jul2021/kvo203/ (дата обращения: 07.06.2024).

14. Белкина В.В. Концептуальные основы воспитания демократической культуры // Ярославский педагогический вестник. — 2014. — Т 2, № 1. — С. 12–17.

15. Тимкина Ю.Ю. Вариативное иноязычное образование в условиях многопрофильного неязыкового вуза: монография / М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образования «Пермская гос. с.-х. акад. имени акад. Д.Н. Прянишникова». — Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2017. — 204 с.

16. Петрова Л.С. Реализация принципа вариативности при проведении итогового контроля по специальным разделам математики // Математическое образование в школе и вузе: опыт, проблемы, перспективы (MATHEDU’2021): материалы X Международной научно-практической конференции. — Казань: Казанский федеральный университет, 2021. — С. 169–175.

17. Юсупов В.З. Реализация принципа вариативности в проектировании содержания профессионального образования / В.З. Юсупов, В.Г. Коротаев // Знание. Понимание. Умение. — 2012. — № 4. — С. 21–25. — URL: http://www.zpu-journal.ru/zpu/contents/2012/4/Yusupov_Korotaev-RealizationVariation-Principle/ (дата обращения: 07.06.2024).

18. Петрова Л.С. Комплексные задания как средство развития метапредметных компетенций при обучении специальным разделам математики // Инженерное образование. — 2022. — № 32. — С. 54–64.

Petrova Liliya Sergeevna
Omsk State Transport University, Omsk, Russia
E-mail: petrov.306@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0951-2582
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687889

An integrated approach to the development of systems thinking then mastering special chapters of higher mathematics

Abstract. Updating educational standards in the context of a meta-subject approach to learning stimulates the search for ways to develop universal (meta-subject) competencies among students of engineering and technical profiles and specializations. The article points out the high potential of the subject area of special chapters of higher mathematics for the development of systemic thinking in the context of the formation of universal competencies by revealing real system models using the mathematical tools of the theory of functions of a complex variable, operational calculus and mathematical physics. An integrated approach to the development of systems thinking based on the principles of variability and integration in teaching special sections of mathematics is considered. Based on the analysis and adaptation of methods for the development of systematic thinking to diagnose the level of development of systemic thinking among students of technical fields and specialties when mastering special chapters of higher mathematics, the minimum, basic and creative levels are determined. The directions of the implementation of the principle of variability in the selection and systematization of the training content are presented. In accordance with the highlighted areas of variability, examples of complex tasks using classical analytical and numerical methods for solving tasks using the MathCAD system are given. The results of a study of the systematic thinking of students engineering and technical profiles and specializations that master special chapters of higher mathematics at different stages of education: initial, key and final are presented.

Keywords: integrated approach; universal competencies; system thinking; the principle of variability; the principle of integration; directions of variability; complex tasks