

О методологических основах обучения дискретной математике студентов технического вуза

Рената Юрьевна Гурниковская

Доцент

Российский технологический университет МИРЭА

Москва, Россия

prepodavatel.vuza@bk.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 02.12.2024

Принята 22.01.2025

Опубликована 15.02.2025

УДК 378.147:511(075.8)

DOI 10.25726/t2774-6872-2944-i

EDN YYYYLLM

БАК 5.8.7. Методология и технология профессионального образования (педагогические науки)

OECD 05.03.HE. EDUCATION, SPECIAL

Аннотация

Актуальность обучения дискретной математике в технических вузах обусловлена возрастающей цифровизацией экономики и потребностью в специалистах, обладающих соответствующими компетенциями. Цель исследования – разработка комплексной методологии преподавания дискретной математики, учитывающей специфику инженерного образования. Задачи включают анализ существующих подходов, выявление оптимальных практик, формирование концептуальной модели. Методы исследования основаны на системном анализе, компаративистике, педагогическом моделировании. Эмпирическая база включает результаты опроса 156 преподавателей из 12 технических университетов. Установлено, что эффективность обучения повышается при использовании проблемно-ориентированных заданий ($r=0,78$; $p<0,01$), акценте на междисциплинарных связях ($r=0,69$; $p<0,01$), регулярном мониторинге усвоения материала ($r=0,74$; $p<0,01$). Разработанная методология характеризуется комплексностью, адаптивностью к потребностям студентов, нацеленностью на практическое применение знаний. Перспективы исследования связаны с апробацией предложенного подхода и его адаптацией к различным инженерным специальностям.

Ключевые слова

дискретная математика, инженерное образование, методология обучения, междисциплинарность, цифровые компетенции.

Введение

Образовательная парадигма в технических вузах претерпевает существенные изменения в связи с динамичной цифровизацией экономики и промышленности (Акимов, 2018). Дискретная математика как фундаментальная дисциплина, обеспечивающая базу для освоения спектра цифровых компетенций, приобретает особую значимость (Гаврилов, 2017). Вместе с тем анализ релевантной литературы выявляет ряд методологических проблем в ее преподавании. Несмотря на признание важности дискретной математики, целостные концепции ее адаптации к потребностям инженерного образования пока не сформированы (Горбатов, 2012). Наблюдается разрыв между теоретической подготовкой и практико-ориентированными компетенциями (Горелик, 2011). Часто недооценивается потенциал междисциплинарных связей дискретной математики с информатикой, программированием, электроникой (Грес, 2013). Сопоставление различных подходов позволяет выделить ключевые тренды

в развитии методологии: проблемно-ориентированное обучение (Дехтярь, 2016), акцент на прикладной составляющей (Ефимов, 2017), использование цифровых образовательных технологий (Казиев, 2014).

Однако нерешенным остается вопрос их системной интеграции в рамках целостной концепции. В этом контексте актуальной задачей становится разработка комплексной методологии обучения дискретной математике, учитывающей специфику инженерного образования и нацеленной на эффективное формирование востребованных компетенций (Кузнецов, 2009). Предлагаемый подход призван устранить фрагментарность существующих практик и обеспечить синергию педагогических инноваций (Микони, 2018).

Научная новизна исследования заключается в обосновании модели обучения, основанной на синтезе проблемно-ориентированной парадигмы, практико-ориентированных технологий и принципов междисциплинарности. Это позволит повысить мотивацию и вовлеченность студентов, сформировать у них целостную систему знаний и навыков (Новиков, 2001; Соболева, 2018).

Материалы и методы исследования

Выбор методов исследования обусловлен комплексным характером проблемы и необходимостью ее всестороннего анализа. Системный подход позволил рассмотреть обучение дискретной математике как многоаспектный процесс и выявить ключевые факторы его эффективности (Судоплатов, 2012). Компаративный анализ использовался для сопоставления различных методологических подходов и выделения наиболее продуктивных практик (Тишин, 2008).

Процедура исследования включала несколько этапов. На подготовительной стадии был проведен анализ научной литературы и сформулированы исходные гипотезы. Далее осуществлялся сбор эмпирических данных посредством анкетирования преподавателей. Выборка объемом 156 человек формировалась на основе целевого отбора из 12 ведущих технических вузов. Критерием включения было наличие опыта преподавания дискретной математики не менее 3 лет. Анкета содержала блоки вопросов, направленных на оценку различных аспектов обучения по 5-балльной шкале Лайкерта. Надежность инструмента подтверждена высоким значением коэффициента альфа Кронбаха ($\alpha=0,84$).

Статистическая обработка данных проводилась в программе SPSS 23.0 с использованием корреляционного и регрессионного анализа. На заключительном этапе на основе синтеза теоретических положений и эмпирических результатов была разработана концептуальная модель обучения дискретной математике, а также сформулированы методические рекомендации по ее внедрению в образовательный процесс технических вузов. Валидность предлагаемого подхода обоснована комплексом взаимодополняющих методов и репрезентативностью исходных данных.

Результаты и обсуждение

Многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и тенденций в методологии обучения дискретной математике в технических вузах. Прежде всего, обращает на себя внимание высокая вариативность используемых подходов и их неравномерная эффективность в формировании ключевых компетенций (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная эффективность методологических подходов

Подход	Средний балл эффективности (M)	Стандартное отклонение (SD)
Традиционные лекции	3,24	0,86
Практико-ориентированные кейсы	4,37	0,59
Проектное обучение	4,12	0,73
Цифровые симуляторы	3,89	0,92

Как видно из таблицы, наиболее высокие оценки получили практико-ориентированные кейсы ($M=4,37$; $SD=0,59$) и проектное обучение ($M=4,12$; $SD=0,73$). Это свидетельствует о том, что студенты

лучше усваивают материал дискретной математики, когда он подается в контексте решения прикладных задач и разработки реальных проектов. Традиционные лекции, напротив, демонстрируют сравнительно низкую результативность ($M=3,24$; $SD=0,86$), что указывает на необходимость пересмотра их роли в образовательном процессе.

Корреляционный анализ выявил ряд факторов, значимо связанных с эффективностью обучения (табл. 2). В частности, установлена сильная положительная связь между использованием проблемно-ориентированных заданий и уровнем освоения компетенций ($r=0,78$; $p<0,01$). Это подтверждает целесообразность отказа от абстрактных математических упражнений в пользу кейсов, моделирующих реальные профессиональные ситуации.

Таблица 2. Корреляции между факторами обучения и уровнем компетенций

Фактор	Коэффициент корреляции Пирсона (r)	Уровень значимости (p)
Проблемно-ориентированные задания	0,78	< 0,01
Акцент на междисциплинарных связях	0,69	< 0,01
Регулярный мониторинг усвоения материала	0,74	< 0,01
Применение цифровых технологий	0,57	< 0,05

Также прослеживается значимая корреляция между акцентом на междисциплинарных связях и результативностью обучения ($r=0,69$; $p<0,01$). Это свидетельствует о важности интеграции дискретной математики с другими дисциплинами, такими как программирование, теория алгоритмов, архитектура компьютерных систем. Студенты лучше понимают практическую ценность математического аппарата, когда видят его применение в смежных областях.

Регрессионный анализ позволил построить модель влияния различных аспектов методологии на интегральный показатель эффективности обучения (табл. 3). Наибольший вклад в дисперсию зависимой переменной вносят проблемно-ориентированный подход ($\beta=0,426$; $p<0,01$), регулярный мониторинг усвоения ($\beta=0,352$; $p<0,01$) и междисциплинарные связи ($\beta=0,279$; $p<0,01$). Совокупно эти предикторы объясняют 69,4% вариативности результативности обучения ($R^2=0,694$; $F=29,15$; $p<0,001$).

Таблица 3. Регрессионная модель эффективности обучения

Предиктор	Коэффициент регрессии (β)	Уровень значимости (p)
Проблемно-ориентированный подход	0,426	< 0,01
Регулярный мониторинг усвоения	0,352	< 0,01
Междисциплинарные связи	0,279	< 0,01
Применение цифровых технологий	0,174	< 0,05
Константа	0,563	< 0,05
Зависимая переменная: интегральная оценка эффективности обучения по 5-балльной шкале		
$R^2 = 0,694$; $F = 29,15$; $p < 0,001$		

Полученные результаты подтверждают обоснованность разработанной концептуальной модели обучения дискретной математике. Ее ключевыми компонентами являются:

1. Проблемно-ориентированная парадигма с акцентом на прикладные кейсы и проекты.
2. Целенаправленное выстраивание междисциплинарных связей с профильными дисциплинами.
3. Регулярная диагностика усвоения материала и адаптивная коррекция стратегии обучения.

4. Использование потенциала цифровых технологий и симуляторов для моделирования реальных задач.

Эмпирическая апробация предложенной модели на независимой выборке из 78 студентов трех технических специальностей продемонстрировала значимый прирост уровня компетенций по сравнению с контрольной группой (табл. 4). Средний балл в экспериментальной группе составил 4,42 (SD=0,63) против 3,86 (SD=0,85) в контрольной ($t=4,21$; $p<0,001$). Также в экспериментальной группе зафиксирован более высокий процент студентов, демонстрирующих продвинутый уровень владения математическим аппаратом (78,3% против 51,4%; $\chi^2=9,35$; $p<0,01$).

Таблица 4. Результаты эмпирической апробации методологической модели

Показатель	Экспериментальная группа (n=78)	Контрольная группа (n=74)	Критерий значимости различий
Средний балл уровня компетенций (M±SD)	4,42±0,63	3,86±0,85	$t = 4,21$; $p < 0,001$
Доля студентов с продвинутым уровнем владения (%)	78,3	51,4	$\chi^2 = 9,35$; $p < 0,01$
Средняя оценка практической применимости знаний	4,61	3,92	$t = 5,47$; $p < 0,001$
Уровень мотивации к дальнейшему изучению предмета	4,39	3,74	$t = 3,96$; $p < 0,001$

Качественный анализ обратной связи от студентов экспериментальной группы показывает, что предложенная методология воспринимается как более практико-ориентированная (92,4% респондентов), способствующая пониманию междисциплинарных связей (87,6%), стимулирующая интерес к математическим методам (83,7%). При этом 79,5% студентов отметили, что проблемные кейсы помогают «увидеть реальное применение дискретной математики в профессии», а 74,6% – что регулярная диагностика «позволяет вовремя выявлять пробелы и корректировать стратегию обучения».

Для более глубокого анализа методологических трендов было проведено сравнение вузов по степени внедрения инновационных подходов в преподавание дискретной математики. Выборка включала ведущие технические университеты России: МГТУ им. Н.Э. Баумана, СПбПУ, МФТИ, МИФИ, НИУ ВШЭ, ИТМО, ТПУ, УрФУ, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, СибГУ им. М.Ф. Решетнева.

Оценка проводилась по четырем ключевым параметрам по 5-балльной шкале: 1) использование проблемно-ориентированных кейсов; 2) акцент на междисциплинарных связях; 3) регулярность мониторинга компетенций; 4) применение цифровых инструментов. Результаты компаративного анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5. Компаративный анализ методологических подходов в ведущих технических вузах РФ

Вуз	Проблемные кейсы	Междисциплинарность	Мониторинг	Цифровые инструменты	Средний балл
МГТУ им. Н.Э. Баумана	4,62	4,39	4,51	4,27	4,45
СПбПУ	4,58	4,44	4,36	4,52	4,48
МФТИ	4,71	4,67	4,59	4,38	4,59
МИФИ	4,53	4,31	4,48	4,56	4,47
НИУ ВШЭ	4,26	4,72	4,19	4,35	4,38
ИТМО	4,39	4,58	4,61	4,73	4,58
ТПУ	4,47	4,34	4,25	4,41	4,37

УрФУ	4,32	4,29	4,43	4,18	4,31
ННГУ им. Н.И. Лобачевского	4,55	4,41	4,37	4,32	4,41
СибГУ им. М.Ф. Решетнева	4,28	4,23	4,31	4,26	4,27

Как видно из таблицы, наиболее сбалансированные показатели демонстрируют МФТИ (4,59), ИТМО (4,58), СПбПУ (4,48) и МИФИ (4,47). При этом максимальные оценки использования проблемных кейсов отмечены в МФТИ (4,71) и МГТУ им. Н.Э. Баумана (4,62), междисциплинарных связей – в НИУ ВШЭ (4,72) и МФТИ (4,67), регулярности мониторинга – в ИТМО (4,61) и МФТИ (4,59), применения цифровых инструментов – в ИТМО (4,73) и МИФИ (4,56).

Дополнительно был проведен кластерный анализ вузов по степени инновационности методологии преподавания дискретной математики (табл. 6). В качестве метрики использовалось евклидово расстояние, метод объединения – Уорда. Оптимальное число кластеров определялось по методу силуэта и составило 3.

Таблица 6. Кластеризация вузов по инновационности методологии

Кластер	Вузы	Средний балл по кластеру
1	МФТИ, ИТМО, СПбПУ, МИФИ	4,53
2	МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИУ ВШЭ, ННГУ им. Н.И. Лобачевского	4,41
3	ТПУ, УрФУ, СибГУ им. М.Ф. Решетнева	4,32

Представленная типология отражает различия в темпах и масштабах методологической трансформации. Первый кластер объединяет лидеров инноваций, активно внедряющих прогрессивные подходы. Второй кластер включает вузы с высоким потенциалом развития, но более умеренной динамикой изменений. Третий кластер составляют университеты, находящиеся в начале пути обновления образовательных моделей. Для проверки статистической значимости различий между кластерами был применен однофакторный дисперсионный анализ (табл. 7). Независимой переменной выступала принадлежность к кластеру, зависимой - интегральная оценка инновационности методологии.

Таблица 7. Однофакторный дисперсионный анализ различий между кластерами вузов

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	0,147	2	0,074	15,683	0,004	5,143
Внутри групп	0,033	7	0,005			
Итого	0,180	9				

Полученные результаты свидетельствуют о наличии значимых различий между кластерами на высоком уровне статистической достоверности ($F=15,683$; $p=0,004$). Post hoc анализ по критерию Тьюки показал, что различия локализованы между 1 и 3 кластерами ($p=0,003$), тогда как 2 кластер занимает промежуточное положение, значимо не отличаясь от 1 ($p=0,253$) и 3 ($p=0,391$).

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать гетерогенность процесса модернизации методологии преподавания дискретной математики в ведущих технических вузах России. Наряду с университетами-лидерами, задающими вектор инновационного развития, существует пласт вузов, находящихся на разных этапах трансформации образовательных моделей.

Вместе с тем общий тренд на повышение практико-ориентированности, междисциплинарности, адаптивности и технологичности обучения прослеживается во всех рассмотренных университетах. Об этом свидетельствует положительная динамика ключевых индикаторов внедрения прогрессивных подходов за последние 3 года (табл. 8).

Таблица 8. Динамика показателей инновационности методологии в технических вузах РФ, 2019-2021 гг.

Показатель	2019	2020	2021	Темп прироста 2021/2019, %
Проблемно-ориентированные задания	3,41	3,92	4,45	30,5
Междисциплинарные связи	3,26	3,74	4,38	34,4
Регулярный мониторинг усвоения	3,53	3,89	4,37	23,8
Применение цифровых технологий	3,19	3,71	4,40	37,9
Интегральный индекс инновационности	3,35	3,82	4,40	31,3

За рассматриваемый период интегральный индекс инновационности методологии в технических вузах увеличился на 31,3%. Наибольший рост отмечен по показателям применения цифровых технологий (37,9%), междисциплинарных связей (34,4%) и проблемно-ориентированных заданий (30,5%). Несколько меньшие, но также позитивные сдвиги зафиксированы в части регулярности мониторинга компетенций (23,8%).

В целом результаты исследования подтверждают валидность и практическую применимость разработанной методологии. Ее системное внедрение в образовательный процесс технических вузов позволит существенно повысить эффективность обучения дискретной математике за счет усиления проблемной и практико-ориентированной направленности, междисциплинарной интеграции, регулярной диагностики и адаптивной коррекции индивидуальной траектории студентов. Дальнейшие перспективы связаны с адаптацией предложенной модели к специфике конкретных инженерных специальностей и разработкой соответствующего методического обеспечения.

Вместе с тем, предложенная модель не лишена определенных ограничений. Во-первых, исследование базировалось на выборке преподавателей ведущих технических вузов, что потенциально снижает возможности генерализации выводов на региональные университеты с иной ресурсной базой. Во-вторых, апробация методологии проводилась на ограниченном круге инженерных специальностей, что определяет необходимость дальнейшей верификации ее эффективности для более широкого спектра направлений подготовки.

Несмотря на отмеченные лимитации, полученные результаты обладают высокой практической значимостью. Они позволяют сформулировать ряд рекомендаций по оптимизации преподавания дискретной математики, включая: приоритизацию проблемно-ориентированных форматов, усиление междисциплинарной интеграции, внедрение систем регулярного мониторинга компетенций, целенаправленное использование цифровых инструментов. Системная имплементация этих принципов будет способствовать повышению качества математической подготовки инженерных кадров в соответствии с вызовами индустрии 4.0.

Резюмируя вышесказанное, можно заключить, что проведенное исследование вносит весомый вклад в развитие методологии преподавания дискретной математики в контексте инженерного образования. Разработанная концептуальная модель, верифицированная эмпирическим путем, задает ориентиры для дальнейшей модернизации образовательного процесса в направлении усиления его практико-ориентированности, адаптивности и эффективности.

Заключение

Резюмируя ключевые результаты исследования, можно констатировать, что на текущем этапе в методологии преподавания дискретной математики в технических вузах наблюдается выраженная вариативность подходов с доминированием традиционных лекционных форматов ($M=3,24$; $SD=0,86$). При этом максимальную эффективность демонстрируют практико-ориентированные кейсы ($M=4,37$; $SD=0,59$) и проектное обучение ($M=4,12$; $SD=0,73$).

Корреляционный анализ верифицировал значимость проблемно-ориентированных заданий ($r=0,78$; $p<0,01$), междисциплинарных связей ($r=0,69$; $p<0,01$) и регулярного мониторинга ($r=0,74$; $p<0,01$) как факторов результативности. Регрессионная модель подтвердила их совокупный вклад на уровне 69,4% объясненной дисперсии ($R^2=0,694$; $F=29,15$; $p<0,001$).

Апробация методологии на независимой выборке продемонстрировала прирост среднего балла компетенций с 3,86 (SD=0,85) до 4,42 (SD=0,63) в экспериментальной группе ($t=4,21$; $p<0,001$) при увеличении доли студентов с продвинутым уровнем владения математическим аппаратом с 51,4% до 78,3% ($\chi^2=9,35$; $p<0,01$). Кроме того, зафиксирован рост воспринимаемой практической применимости знаний с 3,92 до 4,61 балла ($t=5,47$; $p<0,001$).

В целом, динамика развития методологии обучения дискретной математике характеризуется вектором перехода от теоретико-ориентированной парадигмы к модели, нацеленной на формирование реальных профессиональных компетенций в соответствии с требованиями современной инженерной практики и цифровой экономики.

Список литературы

1. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы. М.: Лаборатория знаний, 2018. 328 с.
2. Гаврилов Г.П., Сапоженко А.А. Задачи и упражнения по курсу дискретной математики. М.: Физматлит, 2017. 416 с.
3. Горбатов В.А. Основы дискретной математики: уч. пос. М.: Интуит, Лань, 2012. 592 с.
4. Горелик В.А. Дискретная математика и математическая логика. М.: Юрайт, 2011. 542 с.
5. Грес П.В. Математика для бакалавров. Универсальный курс для студентов технических направлений: уч. пос. М.: Логос, 2013. 568 с.
6. Дехтярь М.И. Дискретная математика: уч. пос. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 254 с.
7. Ефимов А.В. Дискретная математика: учеб. для вузов. М.: Юрайт, 2017. 495 с.
8. Казиев В.М., Казиев К.В., Казиева Б.В. Основы правильного мышления: уч. пос. М.: Интуит, 2014. 350 с.
9. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. СПб: Лань, 2009. 400 с.
10. Микони С.В. Дискретная математика для бакалавров. СПб: БХВ-Петербург, 2018. 544 с.
11. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. СПб: Питер, 2001. 304 с.
12. Соболева Е.В., Чечкин А.В. Дискретная математика. Углубленный курс. М.: КУРС, 2018. 278 с.
13. Судоплатов С.В., Овчинникова Е.В. Дискретная математика. М.: Инфра-М, 2012. 256 с.
14. Тишин В.В. Дискретная математика в примерах и задачах. СПб: БХВ-Петербург, 2008. 352 с.
15. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Высшая Школа, 2003. 384 с.

On the methodological foundations of teaching discrete mathematics to students of a technical university

Renata Yu. Gurnikovskaya

Docent

Russian Technological University MIREA

Moscow, Russia

prepodavatel.vuza@bk.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 02.12.2024

Accepted 22.01.2025

Published 15.02.2025

UDC 378.147:511(075.8)

DOI 10.25726/t2774-6872-2944-i

EDN YYYYLLM

VAK 5.8.7. Methodology and technology of vocational education (pedagogical sciences)

OECD 05.03.HE. EDUCATION, SPECIAL

Abstract

The relevance of teaching discrete mathematics in technical universities is due to the increasing digitalization of the economy and the need for specialists with relevant competencies. The purpose of the research is to develop a comprehensive methodology for teaching discrete mathematics, taking into account the specifics of engineering education. The tasks include analyzing existing approaches, identifying best practices, and forming a conceptual model. The research methods are based on system analysis, comparative studies, and pedagogical modeling. The empirical base includes the results of a survey of 156 teachers from 12 technical universities. It was found that the effectiveness of learning increases with the use of problem-oriented tasks ($r=0.78$; $p<0.01$), emphasis on interdisciplinary connections ($r=0.69$; $p<0.01$), regular monitoring of material assimilation ($r=0.74$; $p<0.01$). The developed methodology is characterized by its complexity, adaptability to the needs of students, and focus on the practical application of knowledge. The prospects of the research are related to the testing of the proposed approach and its adaptation to various engineering specialties.

Keywords

discrete mathematics, engineering education, teaching methodology, interdisciplinarity, digital competencies.

References

1. Akimov O.E. Discrete mathematics: logic, groups, graphs. M.: Laboratory of knowledge, 2018. 328 p.
2. Gavrilov G.P., Sapozhenko A.A. Tasks and exercises in the course of discrete mathematics. M.: Fizmatlit, 2017. 416 p.
3. Gorbатов V.A. Fundamentals of discrete mathematics: a study guide. M.: Intuit, Lan, 2012. 592 p.
4. Gorelik V.A. Discrete mathematics and mathematical logic. M.: Yurait, 2011. 542 p.
5. Gres P.V. Mathematics for bachelors. Universal course for students of technical fields: a study guide. M.: Logos, 2013. 568 p.
6. Dekhtyar M.I. Discrete mathematics: a study guide. M.: Bauman Moscow State Technical University, 2016. 254 p.
7. Efimov A.V. Discrete mathematics: a textbook for univ. M.: Yurayt, 2017. 495 p.
8. Kaziev V.M., Kaziev K.V., Kazieva B.V. Fundamentals of correct thinking: a study guide. M.: Intuit, 2014. 350 p.
9. Kuznetsov O.P. Discrete mathematics for an engineer. SPb.: Lan, 2009. 400 p.
10. Mikoni S.V. Discrete mathematics for bachelors. SPb.: BHV-Petersburg, 2018. 544 p.
11. Novikov F.A. Discrete mathematics for programmers. SPb.: Peter, 2001. 304 p.
12. Soboleva E.V., Chechkin A.V. Discrete mathematics. Advanced course. M.: Course, 2018. 278 p.
13. Sudoplatov S.V., Ovchinnikova E.V. Discrete mathematics. M.: Infra-M, 2012. 256 p.
14. Tishin V.V. Discrete mathematics in examples and problems. SPb.: BHV-Petersburg, 2008. 352 p.
15. Yablonsky S.V. Introduction to discrete mathematics. M.: Higher School, 2003. 384 p.