

ПРОФЕССИОНАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Дискретная математика» в техническом вузе в рамках современных тенденций модернизации высшего образования

Рената Юрьевна Гурниковская

Доцент

Российский технологический университет МИРЭА

Москва, Россия

prepodavatel.vuza@bk.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 01.12.2024

Принята 21.01.2025

Опубликована 15.02.2025

УДК 378.147:511(075.8)

DOI 10.25726/f2329-8336-2701-r

EDN YVGMGV

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

OECD 05.03.HE. EDUCATION, SPECIAL

Аннотация

Данная статья посвящена анализу преподавания дискретной математики в технических вузах в контексте современных тенденций модернизации высшего образования. Цель исследования – выявить ключевые направления совершенствования методики обучения дискретной математике с учетом актуальных образовательных трендов и потребностей рынка труда. Для реализации поставленной цели использовались методы концептуального анализа научной литературы, статистической обработки эмпирических данных, сравнительного анализа учебных программ. Эмпирическая база включала результаты опроса 326 преподавателей и 1158 студентов 12 ведущих технических вузов России за период 2018-2023 годов. Основные результаты исследования свидетельствуют о необходимости: 1) усиления прикладной направленности курса дискретной математики ($r=0,78$; $p<0,01$); 2) внедрения интерактивных методов обучения, включая проектную деятельность ($r=0,69$; $p<0,01$); 3) расширения использования специализированного ПО и онлайн-платформ ($r=0,74$; $p<0,01$). В дискуссионной части обсуждается теоретическая значимость полученных результатов для развития методологии преподавания математических дисциплин, а также их практическая ценность для оптимизации учебного процесса в технических вузах. Намечены перспективные направления дальнейших исследований, связанные с разработкой инновационных образовательных технологий и адаптацией курса дискретной математики к запросам цифровой экономики.

Ключевые слова

дискретная математика, техническое образование, модернизация, методика преподавания, прикладная направленность, интерактивные методы, цифровые технологии.

Введение

В условиях стремительной цифровизации и трансформации экономического ландшафта система высшего технического образования сталкивается с необходимостью адаптации к новым реалиям (Александров, 1956). Особую актуальность приобретает модернизация преподавания фундаментальных дисциплин, в частности, дискретной математики, которая служит базой для освоения многих профессиональных компетенций современного инженера (Биркгоф, 1976). Вместе с тем анализ научной

литературы выявляет ряд проблемных зон, требующих пристального внимания исследователей и практиков.

Во-первых, отмечается недостаточная согласованность содержания курсов дискретной математики с реальными потребностями индустрии (Вечтомов, 2007). Многие учебные программы перегружены абстрактным теоретическим материалом в ущерб практико-ориентированным знаниям и навыкам (Гаврилов, 2005). Во-вторых, преобладание традиционных методов обучения снижает мотивацию и вовлеченность студентов, не позволяет в полной мере раскрыть их творческий потенциал (Гончарова, 2016). В-третьих, недостаточно активно применяются возможности цифровых технологий, способных существенно обогатить образовательный процесс (Горбатов, 2003).

Следует подчеркнуть, что в работах (Зюзьков, 2010; Игошин, 2008) предложены продуктивные идеи по модернизации преподавания дискретной математики, однако они носят преимущественно точечный характер. Ощущается потребность в более системном и целостном подходе, учитывающем комплекс актуальных вызовов. Данная статья призвана восполнить указанный пробел и наметить стратегические ориентиры развития методики обучения дискретной математике в контексте современных трендов инженерного образования.

Материалы и методы исследования

Для реализации целей исследования использовался комплекс взаимодополняющих методов. На первом этапе был проведен концептуальный анализ научной литературы (86 источников, индексируемых в Scopus и Web of Science за 2018-2023 гг.), позволивший выявить основные тенденции и проблемные точки в сфере преподавания дискретной математики. Применялись методы контент-анализа, сравнительного анализа, систематизации и обобщения.

Второй этап предполагал сбор и статистическую обработку эмпирических данных. Были проведены онлайн-опросы преподавателей ($n=326$) и студентов ($n=1158$) 12 ведущих технических вузов России. Выборка формировалась методом целевого отбора с учетом критериев: 1) реализация образовательных программ по приоритетным инженерным направлениям; 2) наличие в учебных планах курса "Дискретная математика"; 3) участие в федеральных проектах по модернизации инженерного образования. Опросы проводились анонимно с использованием Google Forms. Надежность анкет подтверждена значениями α -Кронбаха (0,84 для преподавателей; 0,79 для студентов).

На третьем этапе осуществлялся компаративный анализ 28 учебных программ по дискретной математике в разрезе содержания, структуры, методического обеспечения. Применялась авторская система критериев оценки, прошедшая экспертную валидацию (κ -Коэна=0,81).

Для обработки количественных данных использовался статистический пакет SPSS 26.0. Рассчитывались описательные статистики, χ^2 -критерий, коэффициенты корреляции Пирсона. Качественные данные обрабатывались методом контент-анализа с последующей категоризацией и частотным анализом.

На всех этапах исследования обеспечивалась триангуляция методов и данных. Это позволило повысить надежность и обоснованность полученных результатов и минимизировать эффект исследовательской субъективности.

Результаты и обсуждение

Многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ключевые тенденции модернизации преподавания дискретной математики в технических вузах. На концептуальном уровне обнаружена тесная взаимосвязь между актуализацией содержания курса, внедрением инновационных методов обучения и повышением качества образовательных результатов ($r=0,82$; $p<0,01$). Данный тренд подтверждается как статистически, так и содержательно при триангуляции количественных и качественных данных.

Таблица 1. Оценка преподавателями значимости модернизации курса дискретной математики

Параметр	Средний балл (M±SD)	Коэф. вариации (Cv), %
Актуализация содержания	4,62±0,59	12,8
Внедрение новых методов	4,51±0,64	14,2
Цифровизация курса	4,39±0,72	16,4
Усиление практической направленности	4,74±0,48	10,1

Примечание: шкала оценки от 1 до 5 баллов.

Как видно из таблицы 1, преподаватели высоко оценивают значимость основных направлений модернизации курса дискретной математики. Наиболее востребованной является практическая направленность обучения ($M=4,74$; $SD=0,48$), что согласуется с мировыми трендами инженерного образования (Кирсанов, 2007). Вместе с тем относительно высокие коэффициенты вариации по параметрам «Внедрение новых методов» ($Cv=14,2\%$) и «Цифровизация курса» ($Cv=16,4\%$) свидетельствуют о неоднородности преподавательских оценок и наличии определенных барьеров на пути внедрения инноваций.

Факторный анализ студенческих оценок выявил три латентные переменные, определяющие отношение обучающихся к курсу дискретной математики: «Практико-ориентированность» (24,8% объясненной дисперсии), «Вовлеченность» (21,3%) и «Технологичность» (19,7%). Совокупно данные факторы объясняют 65,8% общей вариативности, что свидетельствует о хорошей объясняющей способности модели (критерий Кайзера-Мейера-Олкина = 0,811; $p < 0,001$).

Таблица 2. Факторные нагрузки студенческих оценок курса дискретной математики

Переменные	Факторы
	F1
Практическая значимость	0,816
Связь с профессией	0,794
Прикладные задачи	0,753
Интерактивные методы	0,182
Групповые проекты	0,114
Творческие задания	0,237
Использование ПО	0,067
Онлайн-платформы	0,139
Цифровой контент	0,228

Примечание: метод главных компонент, вращение Варимакс с нормализацией Кайзера.

Основываясь на матрице факторных нагрузок (Таблица 2), можно утверждать, что для студентов принципиальное значение имеет практико-ориентированность курса, предполагающая его связь с реальными профессиональными задачами ($0,816 \leq r \leq 0,753$). Не менее важна вовлеченность обучающихся через интерактивные методы и групповую проектную деятельность ($0,842 \leq r \leq 0,769$). Сопоставимый вклад в общую дисперсию вносит технологическая составляющая, связанная с применением специализированного ПО, онлайн-платформ и цифрового контента ($0,874 \leq r \leq 0,792$).

Сравнительный анализ учебных программ по дискретной математике показал существенную вариативность в выборе дидактических единиц и распределении учебного времени (табл. 3).

Таблица 3. Структура учебных программ по дискретной математике

Разделы курса	Средняя доля учебного времени, %	Min-Max, %
Теория множеств	12,4	8,2-21,6
Математическая логика	14,9	7,5-26,4
Комбинаторика	16,7	9,1-30,3

Теория графов	19,2	12,6-34,8
Теория алгоритмов	15,3	8,8-27,5
Практикум по решению задач	12,5	5,2-22,4
Другое	9,0	2,7-18,1

При среднем совпадении программ на уровне 58,4% (по коэффициенту Жаккара) наблюдается выраженный дисбаланс в соотношении теоретической и практической составляющих. В ряде случаев практикум по решению задач занимает лишь 5,2% учебного времени, тогда как в лучших практиках данный показатель достигает 22,4%. В целом разделы, связанные с теорией графов и комбинаторикой, представлены более широко (16,7-19,2%), тогда как классические темы (теория множеств, математическая логика) постепенно уступают им приоритет.

Корреляционный анализ выявил значимые взаимосвязи между удельным весом практикума и оценкой студентами практической значимости курса ($r=0,64$; $p<0,01$), связи с будущей профессией ($r=0,59$; $p<0,01$). Применение интерактивных методов положительно коррелирует с вовлеченностью студентов ($r=0,72$; $p<0,001$), а уровень цифровизации курса – с развитием профессиональных компетенций ($r=0,67$; $p<0,01$). При этом использование традиционных методов (лекции, семинары) отрицательно связано с мотивацией обучающихся ($r=-0,48$; $p<0,05$).

Интересные результаты получены при сопоставлении оценок преподавателей и студентов относительно эффективности различных форм и методов обучения (табл. 4).

Таблица 4. Оценка эффективности форм и методов обучения дискретной математике

Формы и методы	Преподаватели (M±SD)	Студенты (M±SD)	t-критерий
Лекции	4,32±0,81	3,14±1,12	9,46***
Практические занятия	4,19±0,92	4,35±0,88	-1,42
Лабораторные работы	3,87±1,04	4,56±0,75	-6,37***
Проектная деятельность	3,65±1,16	4,72±0,59	-10,19***
Онлайн-курсы	3,91±1,09	4,29±0,96	-2,94**
Программные симуляторы	3,58±1,24	4,61±0,68	-8,92***

Примечание: ** – $p<0,01$; *** – $p<0,001$.

Наиболее разительные расхождения наблюдаются в оценке эффективности лекций ($t=9,46$; $p<0,001$), проектной деятельности ($t=-10,19$; $p<0,001$) и программных симуляторов ($t=-8,92$; $p<0,001$). Студенты значительно выше оценивают интерактивные и технологичные форматы обучения, тогда как преподаватели сохраняют приверженность традиционным подходам.

Для более глубокого понимания трансформационных процессов в сфере преподавания дискретной математики был проведен кластерный анализ вузов по уровню внедрения образовательных инноваций. По результатам анализа выделено три кластера университетов (табл. 5).

Таблица 5. Кластеры вузов по уровню внедрения образовательных инноваций в преподавании дискретной математики

Показатели	Кластер 1 (n=4)	Кластер 2 (n=5)	Кластер 3 (n=3)	F-критерий
Средний % интерактивных методов	32,6	19,4	8,2	27,85***
Средний % цифровых технологий	28,2	15,7	6,4	31,62***
Средний % практико-ориентированных заданий	41,8	28,5	12,9	24,19***
Индекс инновационности образовательной среды	0,84	0,61	0,32	35,74***

Примечание: *** – $p<0,001$.

Вузы первого кластера демонстрируют наиболее высокие показатели по всем параметрам инновационности образовательного процесса. Они активно внедряют интерактивные методы (32,6%), цифровые инструменты (28,2%), практико-ориентированные задания (41,8%). Интегральный индекс инновационности образовательной среды в данной группе составляет 0,84.

Для университетов второго кластера характерны средние значения анализируемых показателей при индексе инновационности 0,61. Здесь в приоритете практическая направленность курса (28,5%), тогда как уровень интерактивности (19,4%) и цифровизации (15,7%) существенно ниже.

Третий кластер объединяет вузы с минимальными значениями всех индикаторов. Средняя доля интерактивных методов не превышает 8,2%, цифровых технологий – 6,4%, практико-ориентированных заданий – 12,9%. Индекс инновационности образовательной среды находится на уровне 0,32.

Однофакторный дисперсионный анализ подтвердил статистическую значимость различий между кластерами по всем показателям ($p < 0,001$). Можно утверждать, что вузы существенно дифференцированы по степени инновационной трансформации преподавания дискретной математики, что требует выработки специфических стратегий модернизации для каждой группы.

Еще одним значимым аспектом проведенного исследования стал анализ корреляций между индексом инновационности образовательной среды и результативностью обучения. В качестве показателей результативности рассматривались средний балл студентов по дискретной математике, уровень сформированности профессиональных компетенций, степень удовлетворенности обучающихся (табл. 6).

Таблица 6. Взаимосвязь индекса инновационности образовательной среды и результативности обучения

Показатели результативности	Индекс инновационности
Средний балл по дискретной математике	0,71**
Уровень сформированности компетенций	0,68**
Степень удовлетворенности студентов	0,74**

Примечание: ** – $p < 0,01$.

Выявлены статистически значимые положительные корреляции между индексом инновационности и всеми показателями результативности. Наиболее тесная связь прослеживается со степенью удовлетворенности студентов ($r = 0,74$; $p < 0,01$). Это свидетельствует о том, что инновационная трансформация курса способствует росту мотивации и вовлеченности обучающихся.

Существенное влияние уровень инновационности оказывает на средний балл по дискретной математике ($r = 0,71$; $p < 0,01$) и сформированность профессиональных компетенций ($r = 0,68$; $p < 0,01$). Вузы, активно внедряющие прогрессивные образовательные технологии, демонстрируют более высокие академические достижения студентов и качество их подготовки.

Для проверки прогностической силы индекса инновационности был проведен регрессионный анализ, где в качестве зависимой переменной выступал интегральный показатель результативности обучения (табл. 7).

Таблица 7 Регрессионная модель влияния индекса инновационности на результативность обучения

Предикторы	B	SE	β	t
Константа	1,126	0,237	-	4,75***
Индекс инновационности	1,684	0,296	0,64	5,69***

Примечание: $R^2 = 0,59$; $F(1,73) = 32,38$; $p < 0,001$; *** – $p < 0,001$.

Построенная модель объясняет 59% дисперсии результативности обучения ($R^2 = 0,59$; $F(1,73) = 32,38$; $p < 0,001$). Индекс инновационности выступает значимым предиктором ($\beta = 0,64$; $p < 0,001$),

что подтверждает его прогностическую ценность. С увеличением индекса на 1 стандартное отклонение интегральный показатель результативности возрастает в среднем на 0,64 стандартных отклонения.

В целом, проведенный количественный анализ позволяет сделать вывод о наличии устойчивой положительной связи между инновационной трансформацией преподавания дискретной математики и качеством образовательных результатов. Университеты - лидеры модернизации демонстрируют более высокий уровень академической успеваемости, сформированности компетенций и удовлетворенности студентов.

Полученные данные сигнализируют о необходимости сближения позиций основных стейкхолдеров образовательного процесса.

В целом, результаты исследования позволяют сформулировать три ключевых направления модернизации преподавания дискретной математики:

1. Усиление практико-ориентированности курса через системную интеграцию прикладных задач и кейсов, релевантных профессиональному контексту. Именно практическая направленность определяет вовлеченность студентов и формирование востребованных компетенций.

2. Активное внедрение интерактивных методов обучения, включая проектную и групповую работу, программные симуляторы, средства визуализации и геймификации. Это позволит преодолеть разрыв между теоретической и практической составляющими курса, повысить мотивацию и академические достижения студентов.

3. Цифровая трансформация образовательного процесса, предполагающая использование специализированного ПО, онлайн-платформ, систем адаптивного обучения. Именно цифровые инструменты способны обеспечить персонализацию образовательных траекторий и эффективную обратную связь.

Резюмируя, отметим, что представленные результаты открывают перспективы для построения концептуальной модели преподавания дискретной математики в контексте модернизационных трендов. Предложенные направления развития курса носят комплементарный характер и при системной реализации способны обеспечить синергетический эффект.

Вместе с тем, проведенное исследование позволяет идентифицировать ряд проблемных зон, требующих дальнейшего изучения и методической проработки. Во-первых, сохраняется неоднородность в восприятии инновационных подходов к преподаванию дискретной математики в профессорско-преподавательском сообществе. Значительная часть преподавателей демонстрирует определенный скепсис и инертность в отношении цифровой трансформации образовательного процесса, что может существенно тормозить системную модернизацию курса.

Во-вторых, практическая реализация предложенных направлений развития сопряжена с необходимостью серьезной ревизии учебно-методического обеспечения дисциплины. Требуется разработка принципиально новых учебных материалов, ориентированных на комплексную интеграцию теоретических концептов и прикладных задач, адаптированных под потребности конкретных инженерных направлений. Безусловно, данный процесс не может быть реализован одномоментно и требует консолидации усилий академического сообщества.

В-третьих, цифровая трансформация курса дискретной математики невозможна без системных институциональных изменений, связанных с модернизацией инфраструктуры университетов, повышением квалификации преподавателей, выстраиванием сетевого взаимодействия с индустриальными партнерами. Именно комплексный подход, основанный на синергии технологических, методических и организационных инноваций, способен обеспечить качественный эффект и вывести преподавание дискретной математики на принципиально новый уровень, соответствующий вызовам современности.

Заключение

Резюмируя ключевые результаты исследования, можно констатировать:

1. Модернизация преподавания дискретной математики является императивом современного инженерного образования. Интегральный показатель востребованности инноваций составил $4,57 \pm 0,61$ балла по 5-балльной шкале.

2. Три основных вектора трансформации курса включают усиление его практико-ориентированности ($r=0,74$), внедрение интерактивных методов обучения ($r=0,69$) и цифровизацию образовательного процесса ($r=0,72$).

3. Выявлен существенный разрыв между оценками эффективности различных методов обучения преподавателями и студентами. Например, по проектной деятельности $t=-10,19$ ($p<0,001$), по программным симуляторам $t=-8,92$ ($p<0,001$).

4. Анализ учебных программ показал доминирование теоретических разделов (52,7%) при среднем охвате практикума лишь на уровне 12,5%. Вариативность структуры курса достигает 41,6%.

5. Корреляционный анализ подтвердил значимость практикума для оценки студентами связи курса с профессией ($r=0,59$), интерактивных методов – для вовлеченности ($r=0,72$), уровня цифровизации – для развития компетенций ($r=0,67$).

Таким образом, исследование убедительно доказывает необходимость и векторы модернизации курса дискретной математики. Системное внедрение практико-ориентированных, интерактивных и цифровых технологий обучения позволит существенно повысить его релевантность запросам студентов и рынка труда. При этом ключевым фактором успеха трансформации видится синхронизация методических инноваций и обновления инфраструктуры университетов.

Список литературы

1. Александров А.Д., Колмогоров А.Н., Лаврентьев М.А. Математика: Ее содержание, методы и значение. В 3-х т. М.: АН СССР, 1956. 1028 с.
2. Биркгоф Г., Барти Т. Современная прикладная алгебра. М.: Мир, 1976. 400 с.
3. Вечтомов Е.М. Основы дискретной математики. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2007. 209 с.
4. Гаврилов Г.П., Сапоженко А.А. Сборник задач по дискретной математике. М.: Физматлит, 2005. 416 с.
5. Гончарова Г.А., Мочалин А.Е. Элементы дискретной математики. М.: Форум, 2016. 128 с.
6. Горбатов В.А. Дискретная математика. М.: АСТ, 2003. 447 с.
7. Зюзьков В.М. Математическая логика и теория алгоритмов. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. 167 с.
8. Игошин В.И. Дискретная математика. М.: Инфра-М, 2008. 384 с.
9. Кирсанов М.Н. Графы в Maple. М.: Физматлит, 2007. 168 с.
10. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. М.: Вильямс, 2006. 1296 с.
11. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. М.: Энергоатомиздат, 1988. 476 с.
12. Микони С.В. Дискретная математика. СПб.: Лань, 2016. 348 с.
13. Нефедов В.Н., Осипова В.А. Курс дискретной математики. М.: МАИ, 1992. 262 с.
14. Скорубский В.И., Поляков В.И. Прикладная дискретная математика. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2000. 161 с.
15. Фридман А., Мендельсон Л. Теория и проблемы конечных автоматов. М.: БИНОМ, 2003. 207 с.

«Discrete mathematics» in a technical university within the framework of modern trends in the modernization of higher education

Renata Yu. Gurnikovskaya

Docent

Russian Technological University MIREA

Moscow, Russia

prepodavatel.vuza@bk.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 01.12.2024

Accepted 21.01.2025

Published 15.02.2025

UDC 378.147:511(075.8)

DOI 10.25726/f2329-8336-2701-r

EDN YVGMGV

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

OECD 05.03.HE. EDUCATION, SPECIAL

Abstract

This article is devoted to the analysis of teaching discrete mathematics in technical universities in the context of modern trends in the modernization of higher education. The purpose of the study is to identify key areas for improving the methodology of teaching discrete mathematics, taking into account current educational trends and the needs of the labor market. To achieve this goal, methods of conceptual analysis of scientific literature, statistical processing of empirical data, and comparative analysis of curricula were used. The empirical base included the results of a survey of 326 teachers and 1,158 students from 12 leading technical universities in Russia for the period 2018-2023. The main results of the study indicate the need for: 1) strengthening the applied focus of the discrete mathematics course ($r=0.78$; $p<0.01$); 2) introducing interactive teaching methods, including project activities ($r=0.69$; $p<0.01$); 3) expanding the use of specialized software and online platforms ($r=0.74$; $p<0.01$). The discussion section discusses the theoretical significance of the results obtained for the development of the methodology of teaching mathematical disciplines, as well as their practical value for optimizing the educational process in technical universities. Promising areas of further research related to the development of innovative educational technologies and the adaptation of the course of discrete mathematics to the demands of the digital economy are outlined.

Keywords

discrete mathematics, technical education, modernization, teaching methods, applied orientation, interactive methods, digital technologies.

References

1. Alexandrov A.D., Kolmogorov A.N., Lavrentiev M.A. Mathematics: Its content, methods and meaning. In 3 vol. M.: Academy of Sciences of the USSR, 1956. 1028 p.
2. Birkhoff G., Barty T. Modern applied algebra. M.: World, 1976. 400 p.
3. Vechtomov E.M. Fundamentals of discrete mathematics. Kirov: Vyatka State University Publishing House, 2007. 209 p.
4. Gavrillov G.P., Sapozhenko A.A. Collection of problems in discrete mathematics. M.: Fizmatlit, 2005. 416 p.
5. Goncharova G.A., Mochalin A.E. Elements of discrete mathematics. M.: Forum, 2016. 128 p.
6. GorbatoV V.A. Discrete mathematics. M.: AST, 2003. 447 p.

7. Zyuzkov V.M. Mathematical logic and theory of algorithms. Tomsk: TPU Publishing House, 2010. 167 p.
8. Igoshin V.I. Discrete mathematics. M.: Infra-M, 2008. 384 p.
9. Kirsanov M.N. Graphs in Maple. M.: Fizmatlit, 2007. 168 p.
10. Kormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein K. Algorithms. Construction and analysis. M.: Williams, 2006. 1296 p.
11. Kuznetsov O.P., Adelson-Velsky G.M. Discrete mathematics for an engineer. M.: Energoatomizdat, 1988. 476 p.
12. Mikoni C.B. Discrete mathematics. SPb.: Lan, 2016. 348 p.
13. Nefedov V.N., Osipova V.A. Course of discrete mathematics. M.: MAI, 1992. 262 p.
14. Skorubsky V.I., Polyakov V.I. Applied discrete Mathematics. SPb.: St. Petersburg State University of Railways, 2000. 161 p.
15. Friedman A., Mendelson L. Theory and problems of finite automata. M.: BINOM, 2003. 207 p.