УДК 378.147:51

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MATHCAD В ПРЕПОДАВАНИЕ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Махмудова Н.А.
Ферганский государственный технический университет.
Фергана, Узбекистан
Orcid 0009-0005-4583-0459
E-mail: makhmudovanasiba74@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.22919814

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы цифровой трансформации преподавания высшей математики в вузе и пути их решения на основе системы компьютерной математики Mathcad. Выделены основные барьеры: неравномерная техническая оснащённость, недостаточная цифровая компетентность преподавателей, риск формального «кнопочного» использования программ, абстрактность учебного материала и трудоёмкость контроля. Предложена четырёхэтапная модель занятия «решай вручную — проверяй — визуализируй — применяй», сохраняющая фундаментальность математической подготовки. Приведены примеры заданий в Mathcad по линейной алгебре, математическому анализу и числовым рядам, описан план педагогического эксперимента и обсуждены условия эффективного применения программы.

Ключевые слова: цифровая трансформация образования, высшая математика, Mathcad, системы компьютерной математики, визуализация, TPACK, методика преподавания.

1. Введение

Цифровая трансформация образования перестала быть отдельным направлением модернизации и стала условием подготовки конкурентоспособных специалистов. В Республике Узбекистан этот курс закреплён Стратегией «Цифровой Узбекистан — 2030», в которой развитие цифровой инфраструктуры и цифровых компетенций рассматривается как приоритет, в том числе в системе образования [1]. Для высшей математики это означает не только перенос материалов в электронную среду, но и пересмотр самих способов обучения: какие вычисления студент выполняет вручную, какие поручает компьютеру и как при этом сохраняется понимание математической сути.

Теоретической основой для такого пересмотра служит модель TPACK, описывающая знание преподавателя как пересечение предметного, педагогического и технологического знания [2]. Из неё следует, что наличие программного обеспечения само по себе не улучшает обучение: результат определяется тем, насколько технология встроена в содержание и методику. К аналогичному выводу приходит П. Дрейверс, анализируя исследования по цифровым технологиям в математическом образовании: эффект зависит от роли учителя, дизайна заданий и того, насколько инструмент поддерживает, а не подменяет математическое мышление [3].

Среди систем компьютерной математики Mathcad занимает особое место в вузовской практике. Выражения в нём записываются в привычной математической нотации, а в одной среде сочетаются символьные преобразования, численные методы и графика [5], [6]. Опыт Санкт-Петербургского государственного морского технического университета показывает, что Mathcad удобен уже для студентов первого курса, а использование пакета

позволяет проверять ручные преобразования, избегать ошибок в громоздких вычислениях и больше внимания уделять построению математических моделей и анализу результатов [5]. Вместе с тем квазиэкспериментальное исследование на выборке из 58 студентов педагогического направления показало, что само по себе отношение к предмету не дало значимой разницы в итоговых баллах, а авторы рекомендовали целенаправленно включать Mathcad в рабочие программы и практику преподавания [4].

Таким образом, остаётся открытым вопрос о методике, при которой Mathcad углубляет понимание высшей математики, а не подменяет самостоятельное решение. **Цель статьи** — выявить основные проблемы цифровой трансформации преподавания высшей математики и предложить методически обоснованные решения с использованием Mathcad.

2. Материалы и методы

Исследование включало три этапа. На первом этапе проведён анализ нормативных документов [1] и научных публикаций по применению систем компьютерной математики [2]–[6]; его результатом стала систематизация проблем внедрения цифровых технологий. На втором этапе разработаны модель организации занятий и комплект лабораторных работ в среде Mathcad Prime [версия] по темам «Матрицы и определители», «Системы линейных уравнений», «Производная и исследование функции», «Интеграл», «Числовые ряды» и «Дифференциальные уравнения».

На третьем этапе планируется (проводится) педагогический эксперимент на базе [название вуза] с участием [N] студентов первого курса направления [название]. Экспериментальная группа ([n_1] чел.) обучается по предложенной модели, контрольная ([n_2] чел.) — по традиционной методике с тем же объёмом часов. Продолжительность эксперимента — один семестр [учебный год]. Инструментами служат входной и итоговый тесты (20 заданий, максимум 100 баллов) и анкета с 5-балльной шкалой Лайкерта, оценивающая мотивацию и самооценку цифровых умений. Для сравнения групп используется t-критерий Стьюдента для независимых выборок при уровне значимости $\alpha = 0{,}05$.

3. Результаты

3.1. Проблемы цифровой трансформации и пути их решения. Анализ источников позволил выделить пять групп проблем, характерных для преподавания высшей математики (табл. 1).

Таблица 1. Проблемы внедрения ИТ и предлагаемые решения

Проблема	Проявление	Решение на основе Mathcad
Неравномерная техническая база	Нехватка компьютерных классов, лицензий	Бесплатная редакция Mathcad Express для базовых вычислений, работа по сменам в компьютерном классе, домашние задания на личных устройствах
Цифровая компетентность преподавателей	Программа используется эпизодически, как «калькулятор»	Методический семинар по модели TPACK [2], общий банк готовых шаблонов на кафедре
«Кнопочное» обучение	Студент получает ответ, не понимая метода	Правило «сначала вручную»: Mathcad служит для проверки и исследования, а не вместо решения [3]

Проблема	Проявление	Решение на основе Mathcad
Абстрактность материала	Студенты не видят геометрического и прикладного смысла понятий	Графики функций и поверхностей, изменение параметров, наглядное поведение частичных сумм рядов [5]
Трудоёмкость контроля	Много однотипных вариантов, долгая проверка	Генерация индивидуальных вариантов с известными ответами, автоматическая проверка результатов

3.2. Модель занятия. Разработана четырёхэтапная модель: (1) решай вручную — студент решает типовую задачу аналитически; (2) проверяй — повторяет вычисления в Mathcad и находит ошибки; (3) визуализируй — строит графики, меняет параметры, формулирует закономерности; (4) применяй — решает прикладную (экономическую или инженерную) задачу и интерпретирует результат. Первые два этапа обеспечивают прочность базовых умений, третий — понимание смысла понятий, четвёртый — перенос знаний на практику.

3.3. Пример лабораторной работы. В листинге 1 показан фрагмент работы по линейной алгебре, математическому анализу и рядам. Знак := означает присваивание, = — численный вывод, → — символьное вычисление.

Листинг 1. Фрагмент рабочего листа Mathcad

```
A := [2  1 −1; 1  3  2; 3 −1  1]      b := [3; 9; 7]
|A| = 25                              (определитель)
x := lsolve(A, b)      x = [2; 1; 2]   (решение СЛАУ, проверка: A·x = b)
d/dx (x²·sin(x)) → 2·x·sin(x) + x²·cos(x)
∫ x·eˣ dx → eˣ·(x − 1)
Σ(k=1..∞) (−1)^(k+1)/k → ln(2)
Σ(k=1..1000) (−1)^(k+1)/k = 0.692647      ln(2) = 0.693147
|ln(2) − S₁₀₀₀| = 0.0005 ≤ 1/1001        (оценка остатка по Лейбницу)
```

Задание построено так, что студент сначала находит определитель, решение системы, производную и первообразную вручную, затем сверяет их с Mathcad. Для ряда Лейбница символьный оператор суммирования даёт точную сумму ln 2, а численная частичная сумма S_{1000} наглядно подтверждает теоретическую оценку остатка знакочередующегося ряда $|r_n| \le a_{n+1}$. Соответствие тем курса и инструментов Mathcad приведено в табл. 2.

Таблица 2. Темы курса и инструменты Mathcad

Тема	Инструменты Mathcad	Учебный эффект
Матрицы, определители	Шаблон матрицы, A^T, $\|A\|$, операции A·B	Самопроверка, свойства $(AB)^T = B^TA^T$ проверяются на примерах
Системы уравнений	lsolve, блок solve (Find)	Сравнение методов Крамера и Гаусса
Производная, исследование функции	Оператор d/dx, график, root	Связь знака производной с поведением графика
Интеграл	Символьный и численный ∫	Проверка первообразной, площадь фигуры
Числовые ряды	Оператор Σ, график частичных сумм S_n	Наблюдение сходимости, оценка остатка
Дифференциальные	odesolve, графики решений	Сравнение аналитического и

Тема	Инструменты Mathcad	Учебный эффект
уравнения		численного решений

3.4. Апробация. Результаты входного и итогового тестирования обобщены в табл. 3. Значения приводятся по данным эксперимента автора.

Таблица 3. Результаты тестирования (средний балл из 100)

Группа	Входной тест	Итоговый тест	Прирост
Экспериментальная (n = [__])	[__]	[__]	[__]
Контрольная (n = [__])	[__]	[__]	[__]
t-критерий, p	[__]	[__], p = [__]	—

По данным анкетирования в экспериментальной группе [__] % студентов отметили рост интереса к предмету, [__] % — уверенность в самостоятельной проверке решений.

4. Обсуждение

Предложенная модель отвечает выводу [3] о том, что цифровой инструмент работает тогда, когда встроен в осмысленную последовательность заданий. Ключевой элемент — правило «сначала вручную»: оно снимает главное опасение преподавателей, что программа заменит понимание. Mathcad при этом выполняет роль «второго мнения», а освободившееся время тратится на исследование и интерпретацию, что согласуется с опытом [5], где пакеты позволяют сосредоточиться на построении моделей и анализе результатов.

Результаты [4], где отношение к предмету не повлияло значимо на итоговые баллы, подчёркивают: программное обеспечение само по себе не гарантирует прироста. Поэтому в модели сделан акцент на подготовке преподавателя в логике TPACK [2] и на общем банке заданий кафедры. Этапы визуализации и применения особенно важны для студентов экономических и инженерных направлений: график частичных сумм делает понятие сходимости наглядным, а прикладная задача показывает, зачем нужна изучаемая теория, что повышает мотивацию.

Ограничения исследования связаны с проведением эксперимента в одном вузе, небольшим объёмом выборки и коротким периодом наблюдения. Отдельной проблемой остаётся лицензирование: полная версия Mathcad Prime является коммерческой, поэтому для массового использования целесообразно сочетать её с бесплатной редакцией и свободно распространяемыми аналогами.

5. Заключение

Цифровая трансформация преподавания высшей математики требует не столько нового оборудования, сколько новой методики. Выявленные проблемы — неравномерная техническая база, недостаточная цифровая компетентность преподавателей, риск формального использования программ, абстрактность материала и трудоёмкость контроля — могут быть решены при системном использовании Mathcad. Предложенная модель «решай вручную — проверяй — визуализируй — применяй» сохраняет фундаментальность математической подготовки и одновременно делает её наглядной и практико-ориентированной. Перспективы исследования связаны с расширением эксперимента на несколько вузов и интеграцией рабочих листов Mathcad в систему дистанционного обучения.

Литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 05.10.2020 № УП-6079 «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан — 2030» и мерах по её эффективной реализации».
2. Mishra P., Koehler M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge // Teachers College Record. 2006. Vol. 108, No. 6. P. 1017–1054.
3. Drijvers P. Digital Technology in Mathematics Education: Why It Works (Or Doesn’t) // Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education. Cham: Springer, 2015. P. 135–151.
4. Etcuban J. O., Campanilla B. S., Horteza A. D. The Use of Mathcad in the Achievement of Education Students in Teaching College Algebra in a University // International Electronic Journal of Mathematics Education. 2019. Vol. 14, No. 2. P. 341–351.
5. Vasileva N., Grigorev-Golubev V., Evgrafova I. Mathematical programming in Mathcad and Mathematica // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 419. Art. 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/202341902007.
6. Кирьянов Д. В. Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.