

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Еремеев Е.А.¹, Макарова О.Н.¹, Макаров А.М.¹

¹*Бийский филиал им. В.М. Шукшина ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет», Бийск, e-mail: engkent007eu@gmail.com*

Целью работы стало выявление особенностей использования цифровых инструментов и информационных технологий в процессе математической подготовки обучающихся. В статье рассматриваются разнообразные аспекты и общая концепция применения цифровых инструментов в процессе математической подготовки. В рамках исследования был проведён опрос для выявления степени использования цифровых инструментов в процессе обучения математике среди действующих учителей и преподавателей математики, будущих учителей, а также среди студентов, для которых математика не является профильной дисциплиной, и школьников. Для оценки полученных результатов опроса использовались ранжирование и шкалирование. В статье показывается, что реализация исключительно электронного обучения не может быть панацеей ввиду отсутствия контакта с живым человеком, потребность в котором особенно остра для некоторой доли учащихся, и необходимости определённой адаптации к виртуальной образовательной среде. Обсуждается роль цифровых инструментов для повышения эффективности математической подготовки обучающихся. Одновременно с этим демонстрируется, что грамотное использование программного обеспечения и цифровых устройств требует овладения специальными навыками. Вместе с тем отмечается недостаточный уровень владения учителями математики цифровыми инструментами для их использования при решении задач. Согласно проведённому авторами исследованию, это во многом обусловлено разрывом поколений и специфическими установками, характерными для профессиональной деформации, связанной с работой в образовательных учреждениях - старшее поколение довольно неохотно использует современные информационные технологии, ограничиваясь их возможностями по демонстрации при изложении нового материала и онлайн-тестированием для проверки текущего уровня знаний. Выявленные особенности использования цифровых инструментов в процессе математической подготовки обучающихся следует учитывать при построении образовательных программ для будущих учителей и действующих педагогов.

Ключевые слова: математическая подготовка, обучение, цифровые инструменты, школьники, студенты.

Исследование выполнено при поддержке Минпросвещения России в рамках государственного задания на выполнение прикладной НИР «Проектирование единого образовательного пространства для изучения математики и точных наук на русском языке в Малайзии с использованием моделей центров открытого образования» (№ ПТНИ 1023120700001-9-5.3.1).

USE OF DIGITAL TOOLS IN THE PROCESS OF MATHEMATICAL TRAINING OF STUDENTS

Eremeev E.A.¹, Makarova O.N.¹, Makarov A.M.¹

¹*Altai State Pedagogical University, V.M. Shukshin Biysk branch, Biysk, e-mail: engkent007eu@gmail.com*

The purpose of the work was to identify the peculiarities of using digital tools and information technology in the process of mathematical training of students. The article discusses the various aspects and the general concept of using digital tools in the process of mathematical training. As part of the study, a survey was conducted to determine the extent to which digital tools are used in mathematics education among current and future teachers of mathematics, as well as among students who do not major in mathematics and schoolchildren. Ranking and scaling were used to evaluate the survey results obtained. The article shows that the implementation of exclusively e-learning cannot be a panacea due to the lack of contact with a live person, the need for which is especially acute for some students, and the need for a certain adaptation to the virtual educational environment. The role of digital tools in enhancing the effectiveness of mathematical training of learners is discussed. At the same time, it is demonstrated that the competent use of software and digital devices requires the mastery of specialized skills. However, it is noted that there is insufficient proficiency of mathematics teachers in digital tools for their use in problem solving. According to the research conducted by the authors, this is largely due to the generation gap and specific attitudes characteristic of professional deformation associated with work in educational institutions - the older generation is rather reluctant to use modern information technologies, limiting themselves to their

demonstration capabilities when presenting new material and online testing to check the current level of knowledge. The revealed features of using digital tools in the process of mathematical training of students should be taken into account when building educational programs for future teachers and current teachers.

Keywords: mathematical training, training, digital tools, schoolchildren, students.

The study was carried out with the support of the Ministry of Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment for the implementation of applied research “Design of a unified educational space for studying mathematics and exact sciences in Russian in Malaysia using models of open education centers” (No. PTNI 1023120700001-9-5.3.1).

Введение. Математическая подготовка на сегодняшний день включает разные виды работы с обучающимися: учебные занятия, подготовка к математическим олимпиадам, дополнительные занятия и т.д. В последнее десятилетие (в особенности во время пандемии COVID-19) обучение математике претерпело перманентные изменения и активно эволюционировало, отходя от традиционных форм. Локомотив этого процесса - всё большее проникновение *информационно-коммуникационных технологий* (ИКТ) в образование. За этот временной промежуток использование цифровой связи и инструментов стало базовым фактором в развитии системы образования. Сформировались *виртуальные образовательные среды* (virtual learning space (VLS)), которые стали инструментом для усиления мотивации к обучению, повышения автономности и ответственности учащихся, распространяя само обучение за пределы аудитории [1].

Вместе с этим продолжают оставаться актуальными проблемы, обозначенные задолго до пандемии. Например, непримиримый спор о том, можно ли использовать электронные калькуляторы при изучении математики, возник одновременно с их широким распространением. Этот спор не утихает и по сей день, несмотря на то что набор цифровых инструментов, позволяющих решить ту или иную задачу, значительно расширился, и теперь использование обыкновенного калькулятора кажется наименьшей из проблем, с которой сталкиваются педагоги. Функционал *стандартного (простого) калькулятора* ограничивается выполнением ординарных арифметических операций, в то время как *научный (или программируемый) калькулятор* может выполнять уже огромное количество задач, включая решение квадратных уравнений, вычисление интегралов, построение графиков функций и т.д.

Но для использования всех возможностей научного калькулятора необходимо соответствующее обучение. По мере распространения более сложных электронно-вычислительных устройств, функции калькулятора стали реализовываться через специальное программное обеспечение (ПО). Не случайно всё шире внедряется в практику использование *графических онлайн-калькуляторов* (например, DESMOS, GeoGebra, $y(x).ru$ и т.д.) [2-4].

Вслед за изменением образовательного процесса трансформировалась и роль учителя в новой цифровой культуре. Развитие цифровых технологий значительно увеличило

разнообразие *образовательного ПО*, доступного на большинстве платформ (персональный компьютер (ПК), планшетный компьютер, смартфон). Сюда стали относить также различные приложения и видеоигры. Поскольку невозможно игнорировать колоссальный образовательный потенциал новых инструментов, педагоги по всему миру начали пытаться интегрировать их в процесс обучения, тем самым задавая новый вектор развития для всей сферы образования. Судя по всему, эта интеграция оказалась крайне успешной, так как современное образование невозможно представить без ИКТ и всё громче раздаются призывы (на наш взгляд, не вполне обоснованные и преждевременные) полностью переходить на онлайн-площадки, мотивируя это тем, что традиционные формы и методы обучения себя изжили и более неконкурентоспособны.

Компьютеры и персональные умные устройства изменили саму суть того, как мы взаимодействуем и работаем. Образование должно быстро реагировать на подобные изменения и ориентироваться на использование игр, симуляций и электронных образовательных ресурсов. Именно на этом и основывается точка зрения несостоятельности на текущий момент использования только традиционных методов, которые широко применяют в обучении математике - *преимущественно стандартное решение задач письменным способом*.

При обзоре работ легко заметить, что целый ряд дисциплин естественно-научного [5] и гуманитарного [6] циклов крайне успешно осваивает даже те инструменты, которые изначально не были предназначены для использования в учебном процессе. В данном случае речь идёт о видеоиграх и связанном с ними направлении - *эдьютейнменте* (edutainment) [7]. Однако в некоторых дисциплинах (включая математику) такой подход сложно реализовать в силу высокой степени абстрактности (метафизичности) используемых там понятий. В математике важно *научить думать математически*, т.е. развить когнитивные привычки решать проблемы по мере необходимости, не обращая при этом за помощью к книге [8]. В обучении с использованием информационных технологий (technology enhanced learning (TEL), computer-assisted learning (CAL), computer-assisted instructions (CAI) [9]) основной идеей является возможность индивидуальной работы в своём ритме, а во взаимодействии учителя и ученика *роль учителя играет машина (компьютер)*. Причины успеха этой стратегии лежат в беспрецедентной возможности моментальной обратной связи для каждого ученика в аудитории, недостижимой при взаимодействии с живым учителем - даже самая простая ответная реакция устанавливает связь между учеником и машиной, которой достаточно для дальнейшего обучения без вмешательства учителя. Развитие уже существующих моделей *искусственного интеллекта* (ИИ) позволит создавать умные обучающие системы (intelligent tutoring systems (ITS)) [9], которые в полной мере будут реализовывать основное

преимущество обучения с использованием ИКТ - мгновенную обратную связь, попутно объясняя ученику, в чём заключалась ошибка, которую он допустил при выполнении задания.

Задействование решений на базе технологий ИИ и машинного обучения позволит включать в выстроенные индивидуально для каждого ученика образовательные траектории *адаптивный контент*, который будет генерироваться автоматически на основе взаимодействия человека и машины. Станет возможным быстрое получение информации о степени усвоения пройденных тем (*суммативное оценивание*) и измерение текущего уровня знаний. Автоматически собираемая аналитика (по результатам тестирования) позволит учителю рефлексивно оценить свои профессиональные подходы, определить хорошо и плохо усвоенные темы, а затем соответствующим образом скорректировать образовательный курс.

Система и направленность подготовки к математическим олимпиадам также постоянно менялись. В 1960-е годы возникла и закрепились *система «арифметических листков»*, реализующая индивидуальный подход в учебном процессе (всесоюзные математические олимпиады стали проводиться с 1967 года) [10]. Изменялись и олимпиадные задачи - они отступили от *монотемного подхода* в пользу *симфонизма* (сочетания идей), где необходима интеграция нескольких методов решения задач. Иными словами, задачи стали соответствовать развитию *полифонического мышления*, детерминированного *характеристиками постиндустриального мира*: многозадачность и одновременное совмещение разных видов деятельности. Математические способности, перечисленные ещё А.Н. Колмогоровым (способности к анализу, обобщению, установлению логических связей, абстрагированию и не стереотипному мышлению), сейчас востребованы в междисциплинарных областях, в программировании, прототипировании, моделировании, управлении базами данных и обработке big data [11].

В олимпиадной подготовке, находящейся на переднем крае обучения математике, недопустимо не использовать электронные образовательные инструменты, этот незаменимый динамический ресурс в любом образовательном процессе, среди преимуществ которого активизация сотрудничества и кооперации, неограниченный доступ к информации, разнообразие медиаресурсов и инструментов, общая ориентированность на ученика и возможность наглядно продемонстрировать связь между теорией и практикой - т.е. то, как математические законы и закономерности проявляются в живой и неживой природе, а также в обществе.

Несмотря на все положительные аспекты, хочется отметить, что оценки апологетов исключения живого учителя из процесса обучения не поддерживаются подавляющим большинством исследователей, которые указывают на то, что еженедельное проведение уроков с задействованием подобных технологий может стать *эффективным*

вспомогательным инструментом - дополнением к традиционным методам [11]. Такая позиция представляется нам взвешенной, поскольку полное отсутствие живого контакта - обучение, целиком основанное на цифровых технологиях, вероятно, окажет резко демотивирующее воздействие [12]. Полностью электронное обучение не является панацеей и может быть достаточно сложным для некоторых групп учащихся, так как многим из них может не хватать живого взаимодействия, а само использование VLS сопряжено с процессом адаптации к виртуальной среде.

Целью исследования стало выявление особенностей использования цифровых инструментов и информационных технологий в процессе математической подготовки обучающихся.

Материалы и методы исследования. В рамках данной работы с марта по сентябрь 2024 года было проведено исследование в учебных заведениях города Бийска и соседних районов Алтайского края, целью которого было определение степени использования цифровых инструментов и их многообразия при преподавании и изучении математики. Для этого участникам исследования (247 человек) предлагалось пройти опрос (анкетирование), который включал следующие вопросы: 1). «Укажите ваш возраст»; 2). «Укажите ваш род занятий» (варианты: преподаю математику в школе / СПО / вузе / учусь на учителя математики / другое); 3). «Выберите цифровые инструменты и электронные образовательные ресурсы, которые вы используете на занятиях по математике» (варианты: калькуляторы / технологии VR / видеоигры / Moodle / онлайн-тесты); 4). «Используете ли вы калькуляторы на занятиях по математике (на смартфоне, на ПК и т.д.)? Если да, то какого типа (обычные / научные / DESMOS / GeoGebra / y(x).ru / мобильные приложения (Microsoft Math и т.д.)? Если нет, то укажите причину»; 5). «Если вы используете видеоигры и технологии VR на занятиях по математике, то приведите примеры; если нет, то почему»; 6). «Если вы используете Moodle (или другие подобные сервисы) на занятиях по математике, то укажите цели; если нет, то почему»; 7). «Если вы используете онлайн-тесты в процессе обучения математике, то укажите примеры; если нет, то почему»; 8). «Укажите цифровые инструменты и электронные образовательные ресурсы, которые вы используете наиболее часто в процессе обучения математике»; 9). «Как вы считаете, какие цифровые инструменты и электронные образовательные ресурсы нужно использовать при изучении математики?» (варианты: калькуляторы / технологии VR / видеоигры / Moodle / онлайн-тесты / другое). Результаты опроса были математически обработаны (ранжирование, шкалирование).

Участников исследования можно разделить на группы по возрастному принципу и по отношению к математике (изучают дисциплину, готовятся стать учителями математики, преподают математику в школе, колледже, вузе). В исследовании 4% опрошенных

представляли возрастную группу от 36 до 50 лет (учителя математики), 40% - младше 17 лет (школьники и студенты СПО), а большинство (56%) - возрастной интервал 18–25 лет (действующие и будущие учителя математики (студенты), преподаватели вузов).

При оценивании степени использования цифровых инструментов использовалась шкала, аналогичная шкале Чеддока, используемая при оценке силы связи коэффициентов корреляции: 0–30% (очень слабая); 30–50% (слабая); 50–70% (средняя); 70–90% (высокая); 90–100% (очень высокая).

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам опроса выяснилось, что школьники и студенты СПО используют обычные калькуляторы (50%) и мобильные приложения (50%). Популярность онлайн-тестов, Moodle и научных калькуляторов невысока (по 10%). Наиболее востребованными оказались: образовательный видеоконтент на различных видеохостингах (10%), сайты с электронными версиями учебников (10%), онлайн-тренажеры для подготовки к ЕГЭ (10%) и образовательная платформа «Учи.ру» (10%). В 50% случаев респонденты указали нейросети. Только 20% опрошенных посчитали, что на занятиях по математике необходимо использовать все предложенные варианты (среди них калькуляторы были указаны в 60% случаев, видеоигры - 40%, VR - 30%, онлайн-тесты - 20%).

Будущие учителя математики (18–25 лет) указали ограниченное использование обычных калькуляторов (86%) и мобильных приложений (43%) (как правило, для самопроверки). Свыше 50% считает целесообразным использовать Moodle и онлайн-тесты (в целях контроля знаний, для самостоятельной работы, при изучении нового материала). Наиболее востребованными оказались веб-ресурсы, позволяющие изучать новый материал и проходить тестирование («Учи.ру», Moodle и т.д.), содержащие видеоконтент и приложения (Photomath). Лишь 14% респондентов полагает, что на занятиях по математике необходимо задействовать все предложенные ресурсы (из них за калькуляторы и онлайн-тесты - 57%; за Moodle - 43%).

Действующие учителя математики (22–25 лет) отметили, что чаще всего используют онлайн-платформы (ФГИС «Моя школа» (80%); онлайн-викторины, «Учи.ру» (20%)). Только 20% респондентов посчитало, что необходимо задействовать все предложенные инструменты (из них VR-контент был назван в 20% случаев; калькуляторы и онлайн-тесты в 60%; Moodle в 20%). Все используют системы онлайн-тестов для изучения нового материала и контроля знаний. При этом всего 20% респондентов не используют калькуляторы вообще, 30% ограниченно используют простые калькуляторы, 10% - мобильные приложения и 40% - графический онлайн-калькулятор GeoGebra.

Преподаватели математики в вузах оказались более единодушны и приводили в качестве наиболее востребованных инструментов системы интерактивного управления, указав

на необходимость использования всех предложенных вариантов, кроме VR и видеоигр. Они изредка используют обычные калькуляторы и онлайн-тесты для контроля знаний.

Опрошенные этой же возрастной категории, но никак не связанные с преподаванием математики, полагают, что надо использовать весь предложенный инструментарий, кроме Moodle. При необходимости проведения вычислений они склонны к ограниченному использованию обычных и научных (программируемых) калькуляторов и мобильных приложений.

В целом для этой возрастной группы характерна высокая толерантность к использованию обычных калькуляторов (93%). Свыше 70% практикуют использование онлайн-тестов (доля Moodle только 36%). Популярность мобильных приложений значительно ниже (36%). Всего 14% пользуется GeoGebra. Случаи полного отказа от использования калькуляторов или же применения более продвинутых научных калькуляторов редки - лишь в 7% случаев.

Школьные учителя возрастной группы 36–50 лет не задействуют калькуляторы на занятиях, аргументируя это необходимостью проводить расчёты самостоятельно, используют платформы с онлайн-тестами и чаще всего пользуются средой «Моя школа». Здесь характерна минимальная степень использования цифровых инструментов.

По итогу отчётливо прослеживается градиент по возрасту: чем старше группа опрошенных, тем меньше склонность к использованию электронных образовательных ресурсов, что, несомненно, связано со сниженной склонностью к адаптивности. Опрошенные возрастной группы 35–50 лет работают чаще с онлайн-тестами, позволяющими уменьшить объём бумажной работы, и скептически относятся даже к использованию калькуляторов, в то время как представители группы младше 17 лет широко используют нейросети при решении задач. При этом уже в возрастной группе 18–25 лет начинают наблюдаться схожие тенденции (предпочтение предлагаемых на рабочем месте систем со стандартным функционалом в ущерб платформам, где есть возможность введения развлекательной составляющей, а 29% будущих учителей математики и 20% действующих рекомендуют использовать только те ресурсы, которые они указали сами (как правило, 2–3 примера), что может свидетельствовать о нежелании осваивать новые инструменты, демонстрируя позицию «я уже знаю всё, что нужно».)

Среди причин недостаточного использования VR-контента и видеоигр при изучении математики были названы: недостаточная информированность о потенциале этих инструментов, отсутствие подобного оборудования при готовности задействовать эти варианты. Действительно, не всегда есть возможность подобрать наглядную иллюстрацию из физического мира, связанную с математическим понятием или свойством. Низкая доля Moodle

объясняется неудобством интерфейса (были названы другие платформы, такие как TestPad и т.д.).

Как показали результаты опроса, практически все респонденты не пользуются научными калькуляторами с более широким функционалом, довольствуясь возможностями обычных калькуляторов. Данный факт демонстрирует, что для освоения даже таких, казалось бы, простых инструментов, необходимо специальное обучение (знание о том, какие функции калькулятор может выполнять, полное освоение клавиатуры, углубленное изучение самих математических функций и т.д.).

Заключение. Креативность и способность адекватно отвечать вызовам высоко нестабильного постиндустриального мира, вступающего в фазу четвёртой промышленной революции, являются главными требованиями, предъявляемыми к учащимся. Успешное выполнение этих требований возможно лишь при задействовании всех возможных образовательных инструментов. На настоящий момент таковыми являются цифровые технологии. Задача всей системы образования - не только включать новые ресурсы в образовательный процесс, но и прогнозировать наперёд, что будет востребованным в будущем.

По итогам проведённого исследования можно сказать, что к уже существующему большому разнообразию цифровых образовательных инструментов в ближайшие несколько лет добавится множество новых, самые перспективные из которых - нейросети. Этот процесс повлечёт за собой очередную перестройку системы образования. Но уже сейчас очевидна недостаточная степень использования цифровых инструментов педагогическим сообществом и необходимость разработки отдельных курсов, обучающих будущих и действующих педагогов активному и эффективному использованию цифровых инструментов как в процессе обучения математике, так и при подготовке обучающихся к участию в математических олимпиадах.

Список литературы

1. Benavides L.R., Oñate P.M., Benavides L.J., Londo Ya.F. The use of virtual learning spaces and its relationship with the learning of algebra in higher education // Russian Law Journal. 2023. Vol. 11. Is. 8s. P. 204–219.
2. Кошелева Н.Н., Абильева З.А. Роль визуализированных задач в процессе обучения учащихся понятию и свойствам степенной функции в курсе алгебры и начал математического анализа // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2020. №4 (33). С. 168–170.

3. Круподерова Е.П., Круподерова К.Р., Печенева И.А. Организация «перевернутого обучения» математике в условиях предметной цифровой образовательной среды // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 67 (4). С. 229–231.
4. Кондаурова И.К., Харитонов М.А. Использование электронных образовательных ресурсов при обучении элементарной математике и методике ее преподавания будущих педагогов-математиков // Балтийский гуманитарный журнал. 2022. №4 (41). С. 13–18.
5. Zakharov P.V., Ereemeev E.A., Bavykina E.N., Makarova O.N. Virtual reality technology in the preparation of geography teachers // The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. 2020. Vol. 90. P. 709–716. DOI: 10.15405/epsbs.2020.10.03.83.
6. Makarova O.N., Ereemeev E.A. Conditions for the Successful Mastering of Virtual Reality Technology by Schoolchildren // AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2647. Is. 1. 020029. DOI: 10.1063/5.0104779.
7. Ereemeev E.A., Makarova O.N., Zakharov P.V., Bavykina E.N. Plague Inc. Game in Teaching Future Geography and Biology Teachers // AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2647. Is. 1. 040091. DOI: 10.1063/5.0104784.
8. Ridgway J., Nicholson J., McCusker S. Developing Statistical Literacy in Students and Teachers // New ICMI Study Series. 2011. Vol. 14. PP. 311–322. DOI:10.1007/978-94-007-1131-0_30.
9. Kurvinen E., Kaila E., Laakso M-J., Salakoski T. Long Term Effects on Technology Enhanced Learning: The Use of Weekly Digital Lessons in Mathematics // Informatics in Education. 2020. Vol. 19. Is. 1. PP. 51–75. DOI:10.15388/infedu.2020.04.
10. Константинов Н. Н., Семенов А. Л. Результативное образование в математической школе // Чебышевский сборник. 2021 Т. 22. № 1. С. 413–446. DOI:10.22405/2226-8383-2021-22-1-413-446.
11. Агаханов Н.Х., Марчукова О.Г., Подлипский О.К. О современных тенденциях в подготовке школьников к математическим олимпиадам // Вопросы образования. 2021. № 4. С. 266–284.
12. Sintema E.J. Effect of COVID-19 on the Performance of Grade 12 Students: Implications for STEM Education // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2020. Vol. 16. Is. 8. em1851. DOI:10.29333/ejmste/7893.