

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ – ОТ ЦЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИЯМ

Б. Е. Стариченко¹ [0000-0003-3916-6828], Л. В. Сардак² [0000-0001-5400-6297]

^{1, 2} Уральский государственный педагогический университет, 620017, г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26

¹b.starichenko@gmail.com, ²l.v.sardak@gmail.com

Аннотация

Выделены четыре категории целей изучения математики в школе: освоение теоретических положений на доказательном уровне; освоение алгоритмов решения математических задач, иллюстрирующих положения теории; использование изученных алгоритмов для решения прикладных и исследовательских задач; использование математических методов и алгоритмов при обучении программированию. Такое выделение позволяет обосновать и конкретизировать применение цифровых технологий в курсе математики, а также обеспечить их преемственность, в том числе, с последующими курсами высшей школы. Подчеркнута значимость применения мобильных и облачных технологий и приложений в самостоятельной (домашней) работе учащихся по математике.

Ключевые слова: цели изучения математики в школе, цифровые технологии в курсе математики, математические мобильные приложения, преемственность при обучении математике.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В Концепции развития математического образования в РФ отмечается, что «... выбор содержания математического образования на всех уровнях образования продолжает устаревать и остается формальным и оторванным от жизни, нарушена его преемственность между уровнями образования ...» [3, с. 2]. Одним из направлений совершенствования содержания школьного математического образования и обеспечения его преемственности с вузовским уровнем может послужить грамотное и методически оправданное использование цифровых технологий в процессе обучения математике. В настоящее время в связи с

задачей цифровой трансформации образования всех уровней, обозначенной в многочисленных программных и нормативных документах, появилось немало работ, посвященных, в том числе, применению цифровых технологий (ЦТ) при обучении математике в школе и вузе (например, [2, 4, 6]). Анализ этих работ позволяет выделить следующие их особенности:

- рассматривается использование ЦТ в аудиторной (контактной) работе; их применение при самостоятельном выполнении домашних заданий не описано и, по-видимому, не предусматривается;
- как правило, излагается фрагментарный опыт применения ЦТ при изучении конкретных тем в конкретных классах – не обсуждаются изменение характера решаемых задач и используемых для этого технологий в процессе развития содержательных линий школьного курса математики, а также их преемственность с последующими уровнями обучения;
- не отслеживается взаимосвязь разделов математики с дисциплиной «Информатика», которая, согласно ФГОС среднего образования (начального, основного среднего, общего среднего образования) входит в ту же образовательную область «Математика и информатика» и, следовательно, должны изучаться совместно.

К исходным позициям настоящей работы следует отнести:

- приоритет дидактической задачи: необходимость использования какой-либо ЦТ обусловлена поставленной целью и задачами, связанными с получением или использованием математического знания [9, с. 157];
- применение ЦТ должно предусматриваться не только в аудиторной, но и в домашней самостоятельной или проектной работах;
- в каждой содержательной линии школьной математики должна обеспечиваться преемственность, в том числе, и в применении средств ЦТ обучения;
- должно быть осуществлено взаимопроникновение содержательных линий математики и информатики.

С нашей точки зрения, следование перечисленным позициям способно обеспечить педагогически и методически оправданное использование ЦТ при обучении и изучении математики в школе.

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ И ИХ СВЯЗЬ С ЦИФРОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

С той или иной степенью согласованности в педагогической литературе и ФГОС выделяются следующие содержательно-методические линии современного школьного курса математики: числовые системы; тождественные преобразование математических выражений; уравнения и неравенства; функции; геометрические фигуры и их свойства; векторы (элементы аналитической геометрии); элементы комбинаторики, теории вероятностей и математической статистики; начала математического анализа; логика и множества; математика в историческом развитии. Согласно ФГОС освоение этих линий связывается с достижением трех блоков целей: в направлении личностного развития, в метапредметном направлении и в предметном направлении [8].

Однако с нашей точки зрения к целеполаганию можно подойти с иных позиций, исходя из характера решаемых дидактических задач, уровней изучения математики в школе, установленных ФГОС (базовый, профильный), а также прикладной значимости тех или иных математических методов:

1) Освоение теоретических положений на доказательном уровне

Достижение подобных целей связано с изложением и доказательством теоретических положений в ходе контактной работы преподавателя с учащимися. При этом требуют учета индивидуальные особенности учащихся в восприятии достаточно сложных и абстрактных математических конструкций, а также в понимании и усвоении логики доказательства. Поэтому востребованными при достижении целей данного типа оказываются те цифровые технологии, которые обеспечивают наглядность учебной информации, а также множественность вариантов ее представления для адаптации к возможностям и особенностям ученика.

Следует отдельно остановиться на возможности и целесообразности использования электронных математических библиотек при достижении этой цели обучения. В настоящее время имеется целый ряд интернет-ресурсов, обеспечивающих свободный доступ к представленным в электронных форматах учебникам, справочникам, словарям и энциклопедиям, образцам решения математических задач и пр. [1, 5, 10]. При этом материалы этих библиотек могут использоваться различными категориями пользователей: школьниками – при углубленном изучении или в проектной деятельности, преподавателями математики – при

подготовке к занятиям и решению методических вопросов, студентами – для знакомства с работами классиков математики.

- 2) Освоение алгоритмов решения математических задач, иллюстрирующих положения теории

Целью является освоение порядка решения математических задач, который непосредственно вытекает из рассмотренных теоретических положений и доказанных утверждений. Существенной для выработки устойчивого умения оказывается необходимость многократного контролируемого повторения изученного алгоритма. Это, в свою очередь, требует применения компьютерного тренажа как в аудиторной, так и в самостоятельной домашней работе, а также индивидуализации учебных заданий.

- 3) Использование изученных алгоритмов для решения прикладных и исследовательских задач

Данная цель может считаться достигнутой, если ученик при решении прикладной задачи, связанной с практической ситуацией, изучением смежной дисциплины или каким-либо исследованием, способен усмотреть необходимый математический алгоритм ее решения и воспользоваться им. При этом теоретическая доказательность отступает на второй план, а на первый выдвигается знание порядка решения. ЦТ при этом призваны обеспечить инструмент решения, ускоряющий проведение вычислений и получение результата; более ценным, чем умение провести «ручной» расчет, представляется способность ученика анализировать результат и понимать факторы, на него влияющие.

- 4) Использование математических методов и алгоритмов при обучении информатике и программированию

Алгоритм решения математической задачи выступает в качестве содержательной основы при освоении методов информатики. На базовом уровне изучения информатики для решения задач используются математические приложения (локальные (Excel, MathCad), облачные (Google Таблицы, WolframAlpha) или мобильные (PhotoMath, GeoGebra, XSection, MalMath). На профильном уровне возможно использование алгоритмов и методов высшей математики на «феноменологическом» уровне, т. е. без обоснования их реализации – к ним можно отнести численные методы, методы теории вероятностей и математической статистики и

т. п. Необходимые теоретические доказательства будут построены позднее в вузовских курсах математики – в этом усматривается преемственность уровней изучения. Описанная ситуация – опережение применения математических методов и алгоритмов их строгому доказательству – является весьма распространенной в школьном курсе математики ввиду цикличности его построения при продвижении от начальной школы к старшей.

Таким образом, выявляется совокупность цифровых технологий, использование которых оправданно с дидактической точки зрения при изучении школьной математики. Естественно, конкретизация технологий и образовательных ресурсов определяется возрастом учащихся и технологическими ресурсами, имеющимися в распоряжении преподавателя и учащихся.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ

Чаще всего авторы работ, посвященных применению цифровых образовательных технологий, при обсуждении методических вопросов не затрагивают проблем их доступности для учащихся. Хотя следует считать достаточно очевидным, что для обеспечения возможности использования цифровых технологий при обучении любой дисциплине, включая математику, необходимо выполнение двух условий технологического характера. Во-первых, каждый учащийся должен быть обеспечен устройством, посредством которого он может осуществлять доступ к нужной информации, ее обработку и оперативную коммуникацию с другими учениками и преподавателем. Вторым условием следует считать возможность использования программ и сервисов, необходимых для выполнения учебных заданий по дисциплине.

В процессе аудиторной работы принимается по умолчанию, что такое обеспечение имеется в учебном классе. Ситуация много менее очевидна, если речь идет об интерактивном дистанционном обучении (к которому школы вынуждены обращаться в последнее время) или домашней самостоятельной работе по предмету. С нашей точки зрения, безальтернативным вариантом выполнения первого условия является использование носимых (мобильных) устройств (смартфонов, планшетов) с беспроводным доступом в интернет. Такие устройства, в отличие от стационарных компьютеров, имеются у учащихся и могут использоваться ими в любое время и любом месте (как на уроках, так и вне их) и, следовательно, их

умелое применение открывает преподавателям возможность решения разнообразных дидактических задач. Для выполнения второго условия также безальтернативно должна быть принята ориентация на свободно распространяемые приложения для мобильных устройств и облачные сервисы. Следует отметить, что в настоящее время существует и доступно множество мобильных математических приложений различного уровня – от начальной школы до вузовского; часть из них используют элементы искусственного интеллекта. К сожалению, подобные приложения пока не востребованы школьными учителями, не разработаны методики их применения. У авторов имеется практический опыт систематического применения мобильных и облачных технологий в школьном курсе информатики [7].

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

Рассмотрим несколько примеров применения ЦТ при достижении выделенных ранее дидактических целей обучения математике.

(1) Содержательная линия «Геометрические фигуры и их свойства», тема «Площадь фигуры». Можно проследить трансформацию решаемых дидактических задач и используемых ЦТ за весь период обучения с 1 по 11 классы.

1–6 классы: площадь квадрата → площадь прямоугольника → приближенное измерение площадей с использованием палетки (пропедевтика квадратуры, разбиение на квадраты); площадь составной фигуры (рис. 1). Используемая ЦТ – демонстрация.

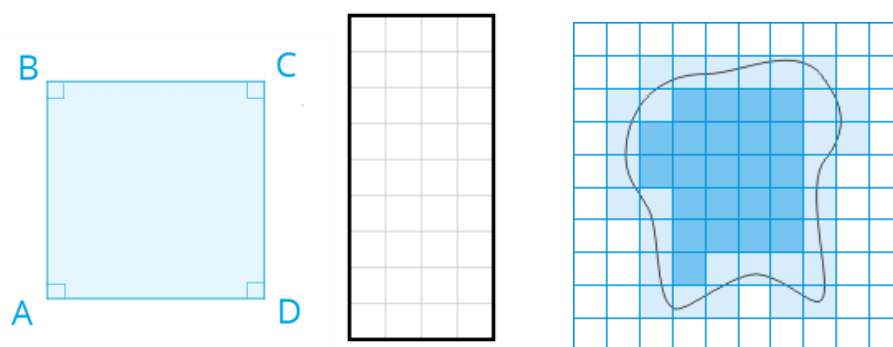


Рис. 1. Последовательность формирования понятия площади фигуры в 1–6 классах

7–9 классы: обоснование формул для вычисления площадей треугольника, параллелограмма, трапеции, круга; применение формул нахождения площади

при решении физических задач (давление жидкости, нахождение работы силы и т. п.); ЦТ – демонстрация, мобильные приложения.

10–11 классы (профиль): введение понятий производной и определенного интеграла, криволинейной трапеции, теоретическое обоснование формулы Ньютона–Лейбница, решение задач на нахождение оптимальной площади при заданных условиях. ЦТ – демонстрация, использование on-line сервисов (WolframAlpha, GeoGebra), мобильных приложений (PhotoMath, XSection, MalMath). В процессе освоения программирования – решение вычислительных задач, связанных с использованием численных методов (численное интегрирование, метод Монте-Карло и т. п.) и линейного программирования (см. рис. 2).

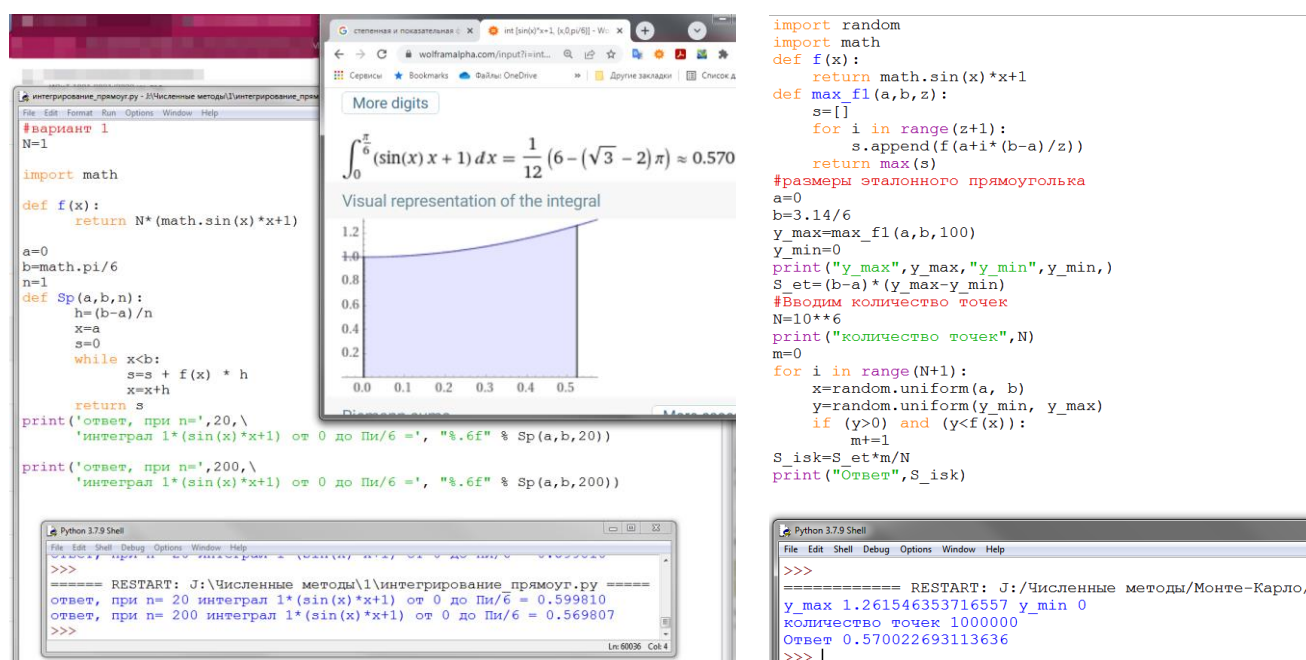


Рис. 2. Примеры использования ЦТ для решения задачи нахождения площади криволинейной трапеции

(2) Содержательная линия «Уравнения и неравенства».

2–6 классы: введение понятия неизвестной величины, решение уравнений первой степени. ЦТ – демонстрация, использование мобильных приложений.

7–9 классы: теоретическое обоснование решения уравнений; введение понятия функции; графическая интерпретация решения уравнения. Уравнения пер-

вой степени → квадратичные уравнения → степенные уравнения и неравенства → показательные уравнения и неравенства. ЦТ – демонстрация, использование математических пакетов и мобильных приложений.

10–11 классы: тригонометрические и логарифмические уравнения и неравенства. ЦТ – демонстрация, использование облачных и мобильных приложений; При обучении программированию можно рассмотреть решение произвольного уравнения методом деления отрезка пополам. Перед его использованием выделение отрезка, содержащего корни уравнения, можно произвести графическим путем с помощью приложений Photomath или WolframAlpha (см. рис. 3).

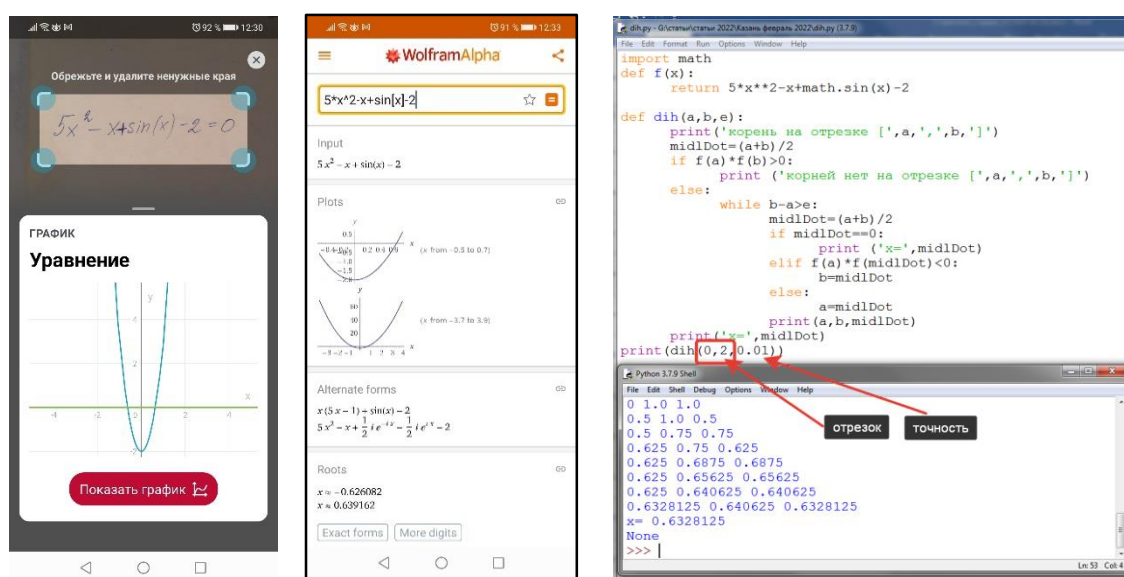


Рис. 3. Примеры использования ЦТ для решения задачи нахождения корней произвольного уравнения

Подобные примеры легко построить и для других содержательно-методических линий школьного курса математики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное обсуждение позволяет заключить:

1. Предложенная типизация целей обучения математике в школе (освоение теории, освоение алгоритма, решение прикладных задач, решение задач информатики) позволяет обосновать выбор цифровых технологий и ресурсов, оптимизирующих процесс освоения математики, а также обеспечить преемственность уровней обучения (включая связь с курсом математики высшей школы).

2. Циклический характер освоения содержательных линий математики при продвижении от начальной школы к старшей позволяет учителю, с одной стороны, обеспечить достижение выделенных целей обучения математике в педагогически оправданной последовательности и, с другой стороны, осуществлять выбор цифровых технологий в соответствии с возрастными возможностями ученика.
3. Цифровые технологии обучения математике обязательно должны использоваться в самостоятельной домашней работе учащихся, что обуславливает применение мобильных и облачных технологий и приложений.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках проекта, выполняемого в Уральском государственном педагогическом университете по Программе ФЦНМСР МП РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог математических интернет-ресурсов. Библиотечно-информационный комплекс Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. URL: http://www.library.fa.ru/res_links.asp?cat=edumath.
2. *Клековкин Г.А.* Обучение математике в цифровом обществе. URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/117608/F_IFME_2017_1_52_56.pdf?sequence=-1.
3. Концепция развития математического образования в РФ. Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2013 г. № 2506-р. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/b18bcc453a2a1f7e855416b198e5e276/download/2744/>.
4. Лучшие практики «Вызов цифрой» по предметным областям «Математика», «Информатика», «Технология»: методическое пособие / редкол.: Е.А. Мочалова, Т.Ю. Андреева. Чебоксары: «Интерактив плюс», 2020. 92 с.
5. Математическое образование. Общедоступная сетевая электронная библиотека. URL: <https://www.mathedu.ru/>.
6. *Налетова Н.Ю., Троицкая Л.М.* Использование цифровых образовательных ресурсов на уроках математики для старшеклассников // Проблемы современного образования. 2020. № 6. С. 188–198.

7. Новиков М.Ю., Стариченко Б.Е. Построение школьного курса информатики на основе мобильных и облачных технологий // Информатика в школе. 2020. № 1(154). С. 40–54. <http://doi.org/10.32517/2221-1993-2020-19-1-40-54>

8. Первушкин Б.Н. Содержание ФГОС основного общего образования по математике. URL: https://урок.пф/library/soderzhanie_fgos_osnovnogo_obshego_obrazovaniya_po_ma_180613.html

9. Стариченко Б.Е. Педагогический подход к оценке результативности использования ИКТ в решении образовательных задач // Педагогическое образование в России. 2018. № 8. С. 153–162.

10. EqWorld Мир математических уравнений: Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

DIGITALIZATION OF SCHOOL MATHEMATICS – FROM LEARNING GOALS TO TECHNOLOGIES

B. E. Starichenko¹ [0000-0003-3916-6828], **L. V. Sardak**² [0000-0001-5400-6297]

^{1, 2}*Ural State Pedagogical University, 26, Cosmonaut Avenue, 26, Yekaterinburg, 620017, Russia*

¹b.starichenko@gmail.com, ²l.v.sardak@gmail.com

Abstract

The article identifies four categories of goals for studying mathematics at school: mastering theoretical positions at the evidentiary level, mastering algorithms for solving mathematical problems that illustrate the provisions of the theory, using the studied algorithms to solve applied and research problems, using mathematical methods and algorithms for teaching programming. Such a selection makes it possible to substantiate and specify the use of digital technologies in the course of mathematics, as well as to ensure their continuity, including with subsequent higher education courses. The importance of using mobile and cloud technologies and applications in independent (home) work of students in mathematics is emphasized.

Keywords: *goals of studying mathematics at school, digital technologies in the*

course of mathematics, mathematical mobile applications, continuity in teaching mathematics at school.

REFERENCES

1. Каталог математических интернет-ресурсов. Библиотечно-информационный комплекс Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. URL: http://www.library.fa.ru/res_links.asp?cat=edumath.
2. *Klekovkin G.A.* Obuchenie matematike v cifrovom obshchestve. URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/117608/F_IFME_2017_1_52_56.pdf?sequence=-1.
3. Концепция развития математического образования в РФ. Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2013 г. № 2506-р. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/b18bcc453a2a1f7e855416b198e5e276/download/2744/>.
4. Luchshie praktiki «Vyzov cifroj» po predmetnym oblastyam «Matematika», «Informatika», «Tekhnologiya»: metodicheskoe posobie / redkol.: E.A. Mochalova, T.Yu. Andreeva. Cheboksary: «Interaktiv plus», 2020. 92 s.
5. Математическое образование. Общедоступная сетевая электронная библиотека. URL: <https://www.mathedu.ru/>.
6. *Naletova N.Yu., Troickaya L.M.* Ispol'zovanie cifrovyyh obrazovatel'nyh resursov na urokah matematiki dlya starsheklassnikov // Problemy sovremennogo obrazovaniya. 2020. № 6. S. 188–198.
7. *Novikov M.Yu., Starichenko B.E.* Postroenie shkol'nogo kursa informatiki na osnove mobil'nyh i oblachnyh tekhnologij // Informatika v shkole. 2020. № 1(154). S. 40–54. <http://doi.org/10.32517/2221-1993-2020-19-1-40-54>
8. *Pervushkin B.N.* Soderzhanie FGOS osnovnogo obshchego obrazovaniya po matematike. URL: https://ypok.pф/library/soderzhanie_fgos_osnovnogo_obshego_obrazovaniya_po_ma_180613.html
9. *Starichenko B.E.* Pedagogicheskij podhod k ocenke rezul'tativnosti ispol'zovaniya IKT v reshenii obrazovatel'nyh zadach // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2018. № 8. S. 153–162.
10. EqWorld Mir matematicheskikh uravnenij: Uchebno-obrazovatel'naya fiziko-matematicheskaya biblioteka. URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

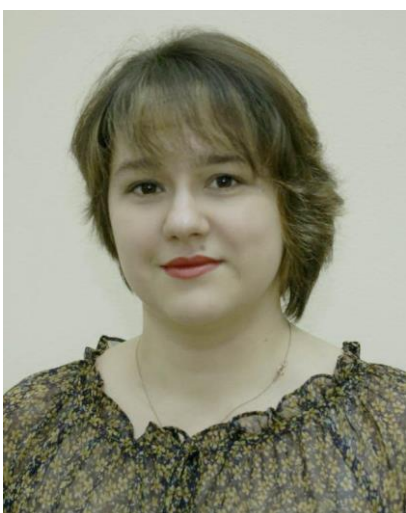


СТАРИЧЕНКО Борис Евгеньевич – доктор педагогических наук, профессор каф. информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург

Boris Evgenyevich STARICHENKO – Doctor of pedagogical sciences, Professor of the Department of Informatics, Information Technology and Methods of Teaching Computer Science, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg

email: b.starichenko@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3916-6828



САРДАК Любовь Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент каф. информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург

Lubov Vladimirovna SARDAK – Candidate of pedagogical sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, Information Technology and Methods of Teaching Computer Science, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg

email: l.v.sardak@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5400-6297

Материал поступил в редакцию 20 февраля 2022 года