



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



Федеральный исследовательский центр
**Информатика
и Управление**
Российской академии наук

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Труды IV Международной
научной конференции

Красноярск, 6–9 октября 2020 г.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕГИОН



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Сибирский федеральный университет
Институт кибернетики и образовательной информатики
им. А. И. Берга ФИЦ ИУ РАН

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДИКА ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Труды IV Международной научной конференции

Красноярск, 6–9 октября 2020 г.

Под общей редакцией
доктора физико-математических наук
М. В. Носкова

Красноярск
СФУ
2020

УДК 378.147:004(082)
ББК 74.025.3я43
И741

*Мероприятие проведено при финансовой поддержке
предприятий-партнеров – АО «ИРТех» (Самара),
АНО ДПО «Образовательный центр "Развитие"» (Красноярск),
издательство «Легион» (Ростов-на-Дону)*

**И741 Информатизация образования и методика электронного обучения:
цифровые технологии в образовании** : тр. IV Междунар. науч. конф.
Красноярск, 6–9 октября 2020 г. / под общ. ред. М. В. Носкова. –
Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. – 220 с.
ISBN 978-5-7638-4400-9

Представлены статьи секций «Информатизация методических систем обучения в предметной области», «Цифровая дидактика. Диагностика процесса и результатов обучения», «Библиотечные смарт-системы: цифровые образовательные источники и средства управления ими», «Методологические и организационные вопросы цифровой трансформации образования в школе: ресурсы и перспектива».

Предназначены специалистам библиотек, преподавателям вузов и школ, студентам педагогических специальностей, а также всем интересующимся данными проблемами.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

**УДК 378.147:004(082)
ББК 74.025.3я43**

**Электронный вариант издания
см.: <http://catalog.sfu-kras.ru>**

ISBN 978-5-7638-4400-9

© Сибирский федеральный
университет, 2020

<i>Вольская Т. А.</i> Повышение информационной компетентности библиотечных специалистов	144
<i>Казанцева В. П.</i> Вузовские библиотеки Красноярска для образования: анализ электронных ресурсов	147
<i>Казанцева К. Б.</i> Вузовская библиотека в условиях цифровой трансформации университета	151
<i>Касянчук Е. Н.</i> Профессиональные компетенции библиотекарей в цифровой образовательной среде университета	157
<i>Курнатов В. С.</i> Новые направления в курсе повышения квалификации специалистов по оцифровке документов	165
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ В ШКОЛЕ: РЕСУРСЫ И ПЕРСПЕКТИВА	171
<i>Гиматдинова Г. Н.</i> Цифровые образовательные ресурсы на уроках математики (из опыта работы)	172
<i>Каплунов А. М.</i> Интеграция учебной и внеучебной деятельности школьников при изучении основ информатики в рамках основного общего образования	177
<i>Назарчук Ю. И.</i> Электронные средства обучения и технологии в онлайн-обучении	182
<i>Ружников М. С.</i> О вопросе обеспечения профессионально-коммуникативной деятельности педагога в условиях ИКТ-насыщенной информационно-образовательной среды школы	187
<i>Семенов А. Л., Поликарпов С. А.</i> Цифровая трансформация школы и роль математики и информатики в ней. Проблемы и парадоксы математического образования и их цифровое решение	192
<i>Шамкуть В. Л.</i> Возможности и перспективы применения информационных технологий для формирования понятийного мышления школьников	201
<i>Sabitov R. A., Smirnova G. S., Sabitov S. R., Elizarova N. Yu., Korobkova E. A.</i> Formation of a Distributed Intellectual Ecosystem of Blended Education	206
<i>Fadeeva O. A.</i> To the Problem of Pedagogical Teaching Staff in the Field of Modern Digital Technologies	214

УДК 373.1

А. Л. Семенов¹, С. А. Поликарпов²

¹e-mail: alsemno@ya.ru

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
Институт кибернетики и образовательной информатики им. А. И. Берга
ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия,
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия

²e-mail: polik@mi-ras.ru

Математический институт им. В. А. Стеклова РАН, Москва, Россия

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ШКОЛЫ И РОЛЬ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ В НЕЙ. ПРОБЛЕМЫ И ПАРАДОКСЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИХ ЦИФРОВОЕ РЕШЕНИЕ*

Математика является основой цифровых технологий, критически важных для всей нашей цивилизации. В то же время интерес школьников к этому предмету в разных странах падает. В докладе анализируются причины такого падения и обсуждаются перспективы его преодоления.

Ключевые слова: цифровая трансформация образования, математическое образование, математическая грамотность, цифровая (вычислительная) компетентность.

Alexey L. Semenov¹, Sergey A. Polikarpov²

¹e-mail: alsemno@ya.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
Axel Berg Institute of Cybernetics and Educational Computing
FRC «Computer Science and Control» of RAS, Moscow, Russia,
Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia

²e-mail: polik@mi-ras.ru

Steklov Mathematical Institute of RAS, Moscow, Russia

DIGITAL TRANSFORMATION OF SCHOOL AND THE ROLE OF MATHEMATICS AND INFORMATICS IN IT. PROBLEMS AND PARADOXES OF MATHEMATICAL EDUCATION AND THEIR DIGITAL SOLUTION

Mathematics is the backbone of digital technology, critical to our entire civilization. At the same time, the interest of schoolchildren in this subject in different countries is falling. The report analyzes the reasons for this decline and discusses the prospects for overcoming it.

© Семенов А. Л., Поликарпов С. А., 2020

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-14152 «Фундаментальные основы формирования математической грамотности для цифрового общества на начальном уровне образования».

Keywords: digital transformation of education, mathematics education, mathematical literacy, digital (computational) competence.

«Парадокс математического образования» (ПМО): математика становится все более важным элементом современной цивилизации – все цифровые технологии построены на математических методах и результатах; отношение школьников к математике во многих странах ухудшается – дети теряют к ней интерес и не видят в ней смысла. Уровень математического образования разных категорий выпускников падает.

Чтобы разобраться с этим парадоксом, полезно понимать, как реально используется математика в профессиональной деятельности людей и в повседневной жизни человека XXI в. Количество профессионалов, работающих в области фундаментальной математики, растет, но остается незначительным. Это не значит, что детей, из которых могут получиться математики, не надо мотивировать, находить, поддерживать, в частности, организуя для них «спецшколы». Но речь не о них, а о более массовой школе.

В нашей стране, как и во многих других, продолжается нехватка IT-профессионалов в самом широком смысле, начиная от разработчиков микросхем и заканчивая прикладными математиками, создателей новых алгоритмов и моделей реальности и психики. И это предполагает работу с математикой в школе, уже более массовую, чем для первой категории учащихся. Такая работа выражается, в частности, в попытках, иногда успешных, введения «кодинга», начиная с детского сада [1]. Особенно важна при этом вариативность школьного курса технологии, о котором речь пойдет ниже.

Распространена и, видимо, справедлива, точка зрения, в соответствии с которой и массовая школа должна учитывать наличие указанных двух категорий профессионалов, давать всем детям некий минимальный уровень математики, заинтересовывать математикой, вовлекать в ее изучение большинство детей и т. д. Тогда шансов найти и будущих исследователей станет больше. И это одна из причин, по которой падение интереса к математике в школе было бы важно остановить. Страна, которой это удастся сделать, получит конкурентное преимущество.

Продолжим наше рассмотрение. Значительна численность профессионалов (хотя все еще их меньшинство), которые используют сложное программное обеспечение в своей работе. К ним относятся, например, дизайнеры, инженеры, врачи, юристы и финансовые аналитики. Для многих из них понимание того, «как это устроено внутри» не так уж обязательно. Также не обязательно понимание этого для рядового «пользователя», достающего из кармана мобильник, чтобы сделать звонок или пересчитать сумму налога.

Мы сказали «не обязательно», но все же считаем, что «желательно». Для водителя такси желательно понимать, как работает двигатель внутреннего сгорания, для автослесаря, мы надеемся, это более желательно, для автолюбителя – менее, для пассажира такси – еще менее. Но при этом иногда каждому бывает важно понимать, «что происходит», когда говорят, что «искра в землю ушла». Точно так желательно понимать, как устроены графики в журнале «Эксперт» или «Деньги», или как происходит архивирование видеофайлов. Особенно острым данный вопрос становится в XXI в. и с каждым годом (месяцем, днем) все острее и острее, поскольку развитие цифровых технологий ускоряется, а человек постоянно сталкивается с новыми ситуациями. Человеку приходится самому строить модели из готовых математических кирпичиков, например, выбирая кратчайший маршрут, или рассчитывая свои расходы, или планируя ремонт и т. п. При этом он, как правило, держит в руке калькулятор. Но еще более важно, что человека во все большей степени окружает искусственный интеллект, которому все больше будет поручаться моделирование реальности и принятие решений. Критически важным становится понимание того, как искусственный интеллект работает и понимание того, какие решения он принимает и как эти решения обосновываются. И в основе такого понимания (как и в основе построения ИИ) лежит математика.

Таким образом, нам бывают нужны, пусть очень грубые, модели происходящего, и математика есть часть этих моделей.

Но помимо внешних причин изучения математики есть и внутренняя мотивация, для обычного школьника более существенная. Задача может быть интересной сама по себе, а не потому, что ее содержание пригодится «в жизни», особенно если пригодится оно через десять лет. Это значит, что задача должна выглядеть новой и неожиданной, иметь правильный индивидуальный уровень сложности для ученика (находиться в зоне его ближайшего развития).

Обычно речь идет еще об одной цели школьной математики, значимой для всех. Иван Яковлевич Депман апокрифически приписал Ломоносову лозунг: «А математику уже затем учить следует, что она ум в порядок приводит» [2]. Это лозунг соответствует нашей мечте о том, чтобы наши выпускники, обучившись математическому способу понимания и построения рассуждений, даче определений, нахождению ошибки в доказательстве, построению опровергающего примера и т. д., умели делать это самостоятельно, притом не только в сфере математики и ее применения в жизни, но и в более широком контексте, например в юридическом. Ясно, что для достижения цели переноса способов рассуждения, вырабатываемых математикой, в новые контексты, нужно такие новые контексты, хотя бы в математике, ученикам предоставлять. Еще одна причина, обуславливающая важность фактора новизны в математике, это полезность человеческо-

го качества пре-адаптивности – готовности встретить что-то НЕожиданное, НЕпредвиденное и эффективно с этой новизной справляться.

Ситуация в нашей школе. Итак, вот цели, которые желательно достичь, и которые, можно надеяться, будут эффективно достигаться и содействовать повышению интереса к математике, мотивации к ее изучению, – это сформировать у учащихся способности:

1. Логично рассуждать, в т. ч. вне математики.
2. Моделировать реальность, используя готовые математические модели и строя новые.

Безусловным достоинством российской, в частности советской, школьной математики является ее «задачность» [3]. Это означает не выучивание фактов, а применение их при решении задач. Сегодня это принято называть «компетентностным подходом», за вычетом того существенного, что задачи эти берутся не из жизни, а из задачника. В школьном курсе алгебры мало «теорем» и много задач, в геометрии теорем много, но и задач не так уж мало. Однако:

- Задачи школьной математики однообразны. Безусловно, и при решении тригонометрических уравнений бывают «тонкие, неожиданные ходы», но до тонкостей массовый школьник не доходит. Характерно, что когда мы ввели в текстовые задачи ЕГЭ ограничение целочисленности, вроде «какого количества ящиков будет достаточно», то это воспринималось почти как революция. Конечно, эти задачи быстро стали «стандартными», но все же расширили «область стандартного».
- С «прикладной» точки зрения все школьные уравнения решаются системами компьютерной алгебры и именно к этим системам при необходимости и обращается профессионал. Текстовые задачи, как уже было сказано, однообразны и условны. Прикладное значение геометрии сводится к некоторым фактам, которым уделяется незначительная часть объема школьного курса.
- Логическое рассуждение в алгебре почти отсутствует. Фактически большинство учеников просто учатся копировать заданный образец, за таким копированием логика исчезает. В геометрии доказательства теорем также выучиваются, а не отыскиваются самостоятельно, логических построений в геометрических задачах оказывается не так много, а степень новизны в этих задачах невелика.
- Школьная математика, ЕГЭ, учебники, учителя игнорируют цифровые технологии математической деятельности. Показательно, что, например, школьная «математическая статистика», анализ данных в массовых российских учебниках не предполагают никаких цифровых технологий. Хотя этот раздел в российских учебник появился уже в век цифровых технологий, в начале «эпохи больших данных», но школа и здесь оказалась в доцифровом мире.

Что делать? В потере качества математического образования и потере интереса к нему часто обвиняют ЕГЭ. Действительно, задача подготовиться к честной сдаче обязательного экзамена по традиционному курсу математики, будь то ЕГЭ или выпускной экзамен советской школы, является сильным ограничением в достижении наших целей. Но, может быть, надо иначе подойти к содержанию и школьного курса, и ЕГЭ?

Если кратко сформулировать самое важное, что нужно было бы сделать в школьной математике, то это давать много принципиально новых и индивидуальных задач, учитывая тематику, более непосредственно ориентированную на современный мир, в частности, цифровые технологии. Это мир логики, языка, комбинаторных объектов – конечных символьных последовательностей: цепочек, конечных совокупностей (мешков).

Запас таких задач есть в так называемой «занимательной математике». Заметим, что слово «занимательная», интересная – здесь не только рекламный ход. В этом действительно отличие этих задач от потока однотипных школьных задач.

В связи с обсуждаемыми проблемами стоит остановиться на отечественном курсе информатики, прежде всего, на его математическом компоненте. Этот курс проектировался математиками (в т. ч. и автором настоящих строк), которые так или иначе соприкасались с цифровыми технологиями, прежде всего – с программированием и с обучением ему. Для нас тогда введение информатики в школу было, помимо прочего, способом модернизировать школьную математику «снаружи». В какой-то степени эта попытка удалась. Именно:

1. Задачи по построению алгоритмов и возможность их наглядного выполнения на экране компьютера значительно расширяют поле математических объектов, необходимая существенная новизна достигается намного легче, чем в школьной алгебре.

2. Естественно возникают и некоторые «занимательные» задачи, по существу состоящие в построении алгоритмов. Задачи на развитие «алгоритмического мышления» часто приобретают наглядную форму, например, для робота в лабиринте.

3. Многие приемы в построении алгоритмов, с одной стороны, относятся именно к тем моделям, которые возникают в математике и могут быть перенесены в другие сферы (например, стратегия «разделяй и властвуй»), с другой стороны, они используются и в серьезном, взрослом программировании, и, что существенно, используются в жизни.

Разумеется, в курсе информатики предлагаются, наряду с математической моделью выполнения программ, и абстрактное математическое описание работы компьютера.

Значит ли это, что нужно совсем отказаться от «непрерывной» математики? Конечно нет. Абстракция действительного числа – важнейшее до-

стижение математики, так же как и элементарные функции – синус, экспонента. Но центр тяжести должен быть перенесен с «приведения выражений к виду, удобному для логарифмирования» на самостоятельное открытие свойств функций, базовых формул и тождеств, общих формул для решения уравнения, а также решения простейших уравнений в количестве, достаточном для понимания общего принципа, но без обязательного достижения высокого уровня безошибочности, технической сложности формульных преобразований. После этого решение уравнений ученик может передавать системе компьютерной алгебры и вместе с этой системой решать все школьные и нешкольные уравнения.

Приближением к цели моделирования является отечественный курс физики, прежде всего – в основной школе. В идеализированном случае там действительно присутствует эксперимент: шарик катится по желобу, движок реостата перемещается, маятник качается. Заметим, что существенное приближение к этому идеалу становится возможным благодаря цифровым технологиям: цифровым датчикам положения, температуры, давления, тока и т. д. и системам компьютерной алгебры. При этом, с одной стороны, разумным образом многократно снижаются временные затраты на проведение эксперимента и наглядное представление его результата, с другой – возникают реально используемые учащимся объекты – цифровые датчики, в которых «зашиито» большое количество физических эффектов и технологических принципов. Системы компьютерной алгебры также позволяют разгрузить ученика и учителя от преодоления алгебраических трудностей и ошибок и сосредоточиться на физической сущности явлений и их математических моделях. Еще одна роль физического эксперимента, как в самом кабинете физики, так и удаленного, доступного телекоммуникационно, – это быть источником данных для анализа методами статистики и машинного обучения. Тем самым мы продвигаемся к важной цели математического образования – освоению элементов искусственного интеллекта. Обсуждение темы школьной физики как правильного места для математического моделирования заслуживает отдельного рассмотрения.

Как быть с геометрией? Внимание к ней в школе резко упало в ту пару лет, когда ее не включили в ЕГЭ. Сейчас оно восстанавливается. Как уже видно из предыдущего, мы считаем, что роль геометрии – это прежде всего решение разнообразных посильных задач. Объем геометрии в часах может быть даже несколько увеличен, но при этом курс должен быть выстроен так, чтобы для учащихся разного уровня было обеспечено достаточное количество разнообразных задач для решения. При этом важно, чтобы логика поддерживалась наглядностью. Это свойство школьной геометрии многократно усиливается в системах динамической геометрии, где можно точно и красиво построить чертеж, после этого его наглядно трансформировать с сохранением построенной конфигурации (инцидентности элементов).

Как должен выглядеть сектор школьного образования «Математика – информатика – физика – технология»? Вырисовывается следующий вектор развития школьного математического образования.

1. Расширение спектра задач, существенное усиление фактора новизны, что даже более существенно, чем включение той или иной отдельной области математики. Включение принципа новизны в концепцию ЕГЭ.

2. Применение компьютера как инструмента математической деятельности, в частности, для эксперимента, наглядности (визуализации), анализа данных (статистики) и алгебраических вычислений.

3. Физика как естественное поле для математического моделирования и анализа данных с применением цифровых технологий.

4. Алгебра – достижение всех результатов, предусмотренных ФГОС и примерными программами и многих других результатов учащимися, использующими системы компьютерной алгебры.

5. Геометрия – формирование системы целей и системы задач (а также исследовательских заданий, проектов) различной трудности. Эти системы, размещенные на цифровой платформе учения, позволяют строить индивидуальные образовательные маршруты, рассчитанные на обязательное достижение всех намеченных целей. Такой персонализированный подход к обучению, при условии соблюдения ФГОС, возможен и для других областей и предметов, но для геометрии он особенно важен. В дополнение – использование динамической геометрии для эксперимента.

6. Информатика – использование алгоритмики как источника широкого спектра новых задач и компьютера как инструмента для эксперимента – отладки – поиска ошибки у себя. Использование общей системы базовых объектов для начальной математики и математической информатики.

Что уже делается реально? Как со всем этим соотносится содержание современной российской школьной математики в массовой школе? Это содержание задается ЕГЭ, массовыми учебниками, массовым учителем, подготовкой новых учителей в педагогических вузах (и программах других университетов). К сожалению, во всех этих элементах указанные тенденции развития реализуются в очень малой степени, даже если рассматривать (как это формулируется во ФГОС) математику + информатику. Более того, упомянутое выше падение интереса сопровождается «падением нравов». Не видя смысла в самостоятельном решении задач, учащиеся используют решебники из сети Интернет, в лучшем случае дополняя их эффективной отечественной системой компьютерной алгебры UMS [4], а последнюю пару лет – хорватским продуктом Photomath [5].

Тем не менее отдельные изменения происходят. Например, в течение десятилетий в российской начальной школе пользуется огромной популярностью международная олимпиада «Кенгуру», во многом – детище нашего соотечественника профессора Марка Башмакова из Петербурга [6].

Задачи этой олимпиады представляют широкий спектр простых математических вопросов разной сложности. «Кенгуру» дает пример продвижения и в направлении мотивации. Задачи этой олимпиады каждый год решают миллионы детей в российской начальной школе. При этом олимпиада не поддерживается государством, а даже встречает определенное сопротивление со стороны органов управления образованием.

Системная разработка современного содержания математики + информатики ведется в течение трех десятилетий. Созданные учебники издаются издательством «Просвещение» [7] и используются в сотнях российских школ. В них сделана попытка сбалансированного введения современного, комбинаторного, логического, алгоритмического содержания, наряду с традиционным числовым.

Начиная с 1960-х гг. в нашей стране работает система математических школ, получившая мировую известность. Один из мощных потоков этой системы реализует методику Н. Н. Константинова. Не пытаюсь описать ее в целом, обратим внимание только на одну ее черту. В ней учащиеся «делают» математику (не так важно, какую) сами. Получаемые ими задачи имеют высокую степень новизны – это отдельные леммы, шаги в доказательстве важных, понятных, мотивирующих теорем, а не повторяющиеся решения уравнений, не имеющих смысла для учащегося.

Как уже было сказано, мы во многом связываем прогресс в математическом образовании, в частности, разрешение нашего исходного парадокса, с применением в школе цифровых технологий. Одним из подходов к такому применению служит Концепция предметной области технология в школе [8]. Эта концепция предполагает значительную вариативность в содержании школьного технологического образования и применение технологии в разных школьных предметах. Исходя из этих положений, коллектив авторов готовит к изданию учебник по информатике и ИКТ, в цифровой форме которого предусмотрены модули, относящиеся к применению цифровых технологий в освоении различных школьных предметов. В частности, в модуле, относящемся к математике, будет дано введение в систему динамической геометрии GeoГeбру, становящуюся самым популярным цифровым математическим инструментом в школе [9], также там будет практикум по Математическому конструктору [10, 11]. В модуле, относящемся к физике, будут осваиваться цифровые датчики и компьютерная алгебра.

Конечно, ЕГЭ, видимо, будет оставаться основным регулятором и, в определенной степени, тормозом на пути модернизации школьного математического образования. Однако и здесь есть скромные победы. В 2021 г. впервые экзамен по информатике будет идти на компьютере и в соответствующих задачах будет встречаться реальное программирование. В ЕГЭ по математике, мы надеемся, будет разрешено в качестве ответа использовать обыкновенную дробь, компьютер это поймет.

Расширяется число участников олимпиад по математическому моделированию [12, 13].

Безусловно, ключевым моментом является подготовка новых учителей математики. В течение нескольких лет при подготовке учителей начальной школы и учителей математики в МПГУ реализовывались принципы изложенного подхода:

- усиливался задачный компонент, прежде всего, за счет «школьных» задач,
- использовался компьютер для математической деятельности.

Список литературы

1. Бетелин В. Б., Кушниренко А. Г., Семенов А. Л., Сопрунов С. Ф. О цифровой грамотности и средах ее формирования // Информатика и ее применения. 2020. Т. 14. Вып. 4.
2. Душенко К. Гимнастика ума, или О пользе вранья // Читаем вместе, 2014. № 11(100). С. 40.
3. Фирсов В. В. Методика обучения математике как научная дисциплина // Мир образования – образование в мире. 2005. № 3. С. 65–76.
4. Universal Math Solver (UMS) – Help Step by Step / Универсальный математический решатель – подробное решение по шагам. URL: <http://www.universalmathsolver.com/ru/домашняя-страница> (дата обращения: 22.09.2020).
5. Photomath. Math Superpowers for Every Student // Photomath. Математические суперспособности для всех учеников. URL: <https://photomath.app/ru> (дата обращения: 22.09.2020).
6. Башмаков М. И. Математика в кармане «Кенгуру». Международные олимпиады школьников. М.: Дрофа, 2011.
7. Рудченко Т. А., Семенов А. Л. Информатика. 1–4 классы: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, Институт новых технологий, 2019.
8. Концепция преподавания учебного предмета «Технология» (разработана на основании поручения Президента Российской Федерации от 4 мая 2016 г. с учетом Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, Национальной технологической инициативы (постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2016 г. № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы») и Программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р). URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/c4d7feb359d9563f114aea8106c9a2aa> (дата обращения: 22.09.2020).
9. GeoGebra Math Apps. URL: <https://www.geogebra.org> (дата обращения: 22.09.2020).
10. 1С: Математический конструктор. URL: <https://obr.1c.ru/mathkit/> (дата обращения: 22.09.2020).
11. Дубровский В. Н. «1С: Математический конструктор» как инструмент математического моделирования // Новые информационные технологии в образовании. 2020. С. 217–220.
12. The International Mathematical Modeling Challenge. URL: <https://www.immchallenge.org/Index.html> (дата обращения: 22.09.2020).
13. Дубровский В. Н. Математическое моделирование для школьников // Компьютерные инструменты в образовании. 2017. № 6. С. 54–66.