

РАЗДЕЛ VI КОНКРЕТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Part VI. SPECIFIC PROBLEMS OF MODERN EDUCATION

DOI: 10.15372/PHE20170215

УДК 374+372.016:51

НОВЫЕ КОНТЕКСТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИК ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МАТЕМАТИКИ¹

А. А. Попов (Москва, Новосибирск), **С. В. Ермаков** (Красноярск),
М. С. Аверков (Красноярск), **П. П. Глухов** (Москва, Новосибирск)

***Аннотация.** Статья посвящена анализу и проработке современных проблем математического дополнительного образования, а также исследованию дальнейших путей развития представленной области образования. Авторы рассматривают уже сложившуюся систему математического образования и прослеживают влияние традиций советской эпохи на актуальную картину данного образования. Примечательно то, что в статье математика рассматривается не только как дисциплина и предмет преподава-*

¹ Данная статья подготовлена в Федеральном институте развития образования в рамках исполнения государственного задания Министерства образования и науки РФ по теме «Концепция развития математического образования».

© Попов А. А., Ермаков С. В., Аверков М. С., Глухов П. П., 2017

Александр Анатольевич Попов – доктор философских наук, главный научный сотрудник Федерального института развития образования, заведующий лабораторией компетентностных практик образования, Московский городской педагогический университет; доцент, Новосибирский государственный технический университет.

Семён Вячеславович Ермаков – кандидат философских наук, доцент, Сибирский федеральный университет.

Михаил Сергеевич Аверков – генеральный директор, КР МОО «Сибирский дом».

Павел Павлович Глухов – аспирант кафедры социологии и массовых коммуникаций гуманитарного факультета, Новосибирский государственный технический университет; младший научный сотрудник лаборатории компетентностных практик образования, Московский городской педагогический университет.

E-mail: Gluhovpav.pav@gmail.com

Aleksandr A. Popov – Doctor of Philosophical Sciences, Principal research scientist at the Federal education development institute, Head of the laboratory of Competence-based practices of education, Moscow City Pedagogical University; Docent, Novosibirsk State Technical University.

Semen V. Ermakov – Candidate of Philosophical Sciences, Docent, Siberian Federal University.

Mikhail S. Averkov – CEO, КР МОО «Siberian House»

Pavel P. Glukhov – Graduate student of the SMK Chair of the Department of Humanities, Novosibirsk State Technical University; Junior research scientist of the laboratory of Competence-based practices of education, Moscow City Pedagogical University.

ния, но и как образовательная практика, которая может быть представлена в разных ипостасях. Критическому анализу подвергаются сложившиеся формы практик математического дополнительного образования, выделены их эффективные стороны и дефициты. Рассматриваются такие формы, как кружки любителей математики, предметные математические олимпиады, специализированные физико-математические школы и т. д. Отдельное внимание уделяется летним школам. Делается акцент на практике отбора и поддержки математически одаренных школьников как оказывающей ключевое влияние на построение системы математического образования как в XX в., так и в настоящее время.

Помимо анализа оснований сложившихся подходов и целей математического образования исследуются современные контексты и вытекающие из них приоритеты математического образования. Анализируется перспективность для математического образования таких форматов, как игры и симуляторы (в том числе компьютерные игры), сериалы (как форма популяризации специфического знания) и др.

Авторы выдвигают гипотезу о том, в рамках каких векторов должно произойти расширение математического дополнительного образования. В работе делается попытка ответить на следующие вопросы: какие новые форматы должны появиться в сфере математического образования; с какими популярными медийными трендами данная сфера могла бы интегрироваться; в каких современных практических обстоятельствах может быть применена специфика математического знания? В частности, рассматриваются перспективные форматы интенсивных школ, элективных курсов, клубов и их типовое разнообразие.

Ключевые слова: математика, математическое образование, дополнительное образование, математические способности, открытое образование.

NEW CONTEXTS AND PERSPECTIVES OF THE PRACTICES OF ADDITIONAL EDUCATION IN MATHEMATICS

A. A. Popov (Moscow, Novosibirsk), S. V. Ermakov (Krasnoyarsk),
M. S. Averkov (Krasnoyarsk), P. P. Glukhov (Moscow, Novosibirsk)

Abstract. This article is devoted to the analysis and study of modern problems of additional mathematical education, and also to the research of further ways of developing of this field of education. The authors consider the already existing system of mathematical education and trace influence of the traditions of the Soviet era on the current picture of this kind of education.

It is noteworthy that in the article mathematics is regarded not only as a discipline and subject of teaching, but also as an educational practice that can be represented in different forms. The existing forms of additional mathematical education are exposed to the critical analysis, their effective components and deficits are distinguished. Such forms as clubs for mathematics lovers, the subject-specific mathematical olympiads (competitions), specialized physical and mathematical schools, etc. are considered. Special attention is paid to summer

schools. The focus is on the practice of selection and support of mathematically gifted students as having a key influence on the construction of mathematical education in the XX century as well as now.

Besides the analysis of the bases of the existing approaches and purposes of mathematical education, modern contexts and priorities of mathematical education following from them are studied. Prospects for mathematical education of such formats as games and simulators (including computer games), TV series (as a form of promoting some specific knowledge), etc. are analyzed.

The authors set forth a hypothesis concerning the vectors within which an expansion of mathematical additional education should occur. The paper attempts to answer the following question: what kinds of new formats should appear in the field of mathematics education; with what popular media trends this sphere could be synthesized; in what modern public practical circumstances the specificity of mathematical knowledge can be applied. In particular, the formats of intensive schools, elective courses, clubs and the variety of their types are considered as perspective and promising.

Keywords: *mathematics, mathematical education, additional education, mathematical abilities, open education.*

Актуальность

Математическое образование – это весьма чувствительная область, которая стремится не изменять традиции и сохранять фундаментализм. Однако нельзя отрицать того, что темпы углубления самого математического знания и расширения областей его применения только возрастают. Прежде всего изменился характер применения математики в технических и управленческих решениях.

1. Современные устройства со встроенными системами автоматического управления, особенно программируемые, содержат в себе математическую модель и требуют математической квалификации от пользователя.

2. Практики, напрямую не связанные с техническими решениями в узком смысле, строятся на основе сложных математических моделей (экономическое и социальное планирование, организация транспортных потоков и инфраструктур жизнеобеспечения).

3. Современная математика сегментирована на разделы «чистой» и «прикладной» математики, в том числе как отдельная область выделилась «теоретическая информатика» (computer science).

Методология

Данная статья является результатом анализа исторически сложившихся подходов к математическому дополнительному образованию в России и социокультурного анализа современной ситуации, складывающейся вокруг математического образования.

Необходимость представления основных положений статьи обусловлена результатами экспертного анализа практик дополнительного образования, направленных на развитие математических способностей обучающихся, которое осуществляется на основе материалов, представленных субъектами РФ, проводится Федеральным институтом развития образования в рамках исполнения государственного задания Министерства образования и науки РФ по теме «Концепция развития математического образования».

Итоги данной экспертизы указывают на ряд проблемных точек, связанных с тенденцией закрытости содержания и организационных форм авангардных практик дополнительного математического образования. С целью преодоления данных барьеров авторами осуществляется попытка определения перспективных и потенциально тиражируемых форм математического дополнительного образования.

Основные положения исследования

Сложившиеся подходы и их цели. В советской традиции дополнительного образования школьников в области математики сложилось два подхода: «занимательная математика» и «рекордная математика».

1. *Занимательность* направлена на приобщение к математическому знанию тех, кто еще не готов для работы с его академическими формами, на формирование предварительных представлений о характере математического знания, специфике математических объектов. Занимательная форма реализует содержательно-эмпирический подход к содержанию и в силу конфликта с формальными подходами воспринимается массовой практикой как нечто несерьезное.

Цель занимательной математики – актуализация интереса школьников к математике как особому типу знаний и роду занятий, что достигается через обозначение связи математики с реальными практическими ситуациями, техническими решениями, через представление истории математики как борьбы идей и реальных жизненных драм либо в виде приключения в сказочном математическом мире.

Формы реализации, находящиеся по преимуществу вне системы образования:

- научно-популярная литература;
- научно-приключенческая литература (в том числе с использованием сказочных персонажей либо математических по своему происхождению [1–3]).
- математические головоломки (от лабиринтов для малышей до криптографических задач для подростков).

2. *Рекордность* направлена на поддержку тех, кому традиционные академические формы уже не достаточны – в рамках формально-теоретического подхода. Данный подход позволяет готовить «решателей задач», но не тех, кто может понимать реальные практические ситуации и формулировать на их основе новые задачи.

Подход рекордности нашел свое отражение в системе отбора и поддержки математически одаренных школьников. В границах данной системы стратегии дополнительного математического образования определялись во многом научно-инженерным сообществом.

Цель *отбора и поддержки математически одаренных школьников* – инициация и поддержка рекордных стратегий, а также достижений в области математики с выходом на отбор и раннюю профессионализацию в области точных наук и их приложений.

Выстроенная многоступенчатая система включала в себя:

- кружки любителей математики;
- предметные математические олимпиады (см. о подготовке: [4]);
- специализированные физико-математические школы.

Программы специализированных школ включают в себя углубленное изучение точных наук (с включением элементов высшей математики), кружковую работу с поощрением самостоятельного выбора сложных задач, знакомство с горизонтами поиска современной науки.

Летние школы дополнительно представляют собой помещение в социальное пространство, близкое к тому, которое формировалось в ведущих исследовательских институтах и конструкторских бюро.

На основе общей математической дидактики была выстроена система форм, направленных на отбор и поддержку математически одаренных школьников:

- *задача повышенной сложности*, требующая нестандартного применения известных способов или узнавания условий их применения;
- *олимпиадная задача*, требующая композиции известных способов, часто с обращением к разным разделам математики, и комбинации общих методов с неформальными схемами, такими как полный перебор вариантов;
- *задача с неопределенными параметрами*, которая решается через интуитивную догадку и логическое обоснование вывода на основе заданных условий [5–7], может моделировать известную историческую задачу, демонстрирующую красоту математики.

Новые контексты и приоритеты. Помимо упомянутых выше трансформаций в характере применения математики изменились социальные и антропологические контексты.

1. Современный ребенок и тем более подросток обучены мыслить значениями, выражающимися в последовательности образов, а не в грамматических конструкциях.

Цифровые вычислительные машины легко программируются на решение задач, связанных с преобразованиями чисел, формул и формально организованных высказываний – наиболее естественным было бы усиливать в математическом образовании способность работать с образами и оформлять интуитивные решения, чтобы превратить их в программы. Но существующее математическое образование по-прежнему делает акцент на технику вычислений и формальных преобразований.

2. В современной культуре утрачивается единство картины мира и даже единство принципа, на котором эта картина мира выстроена. Современные технические решения, материализующие научную и инженерную рациональность, реализованные на их основе устройства и инфраструктуры требуют рационального мышления не только от разработчиков, но и от пользователей. Такой идеал рациональности должна задавать математика, а математические способности могут рассматриваться как основа для рационального мышления.

Дополнительное образование здесь может ставить следующие задачи:

– формирование базовых приемов рационального рассуждения, анализа и аргументации на материале практических, в том числе «житейских» задач;

– формирование вкуса к сложному мышлению и получение эстетического удовлетворения от решения сложной задачи [8] (на материале необычных задач, поиска неочевидных связей и отношений).

Наиболее зарекомендовавшие себя формы здесь – художественные сюжеты, содержащие в своей основе математические проблемы; наиболее очевидны детективные сюжеты, связанные с криптографией (например, Эдгар Алан По («Золотой жук»), Артур Конан Дойл («Пляшущие человечки»)).

Современный вариант такого проекта – сеть клубов любителей сериала «Числа» («Numbers»), вышедшего в США на канале CBS с 2005 по 2010 г. (подробно описан в [9]).

3. Математика рассматривается как универсальный язык для понимания природных, технических, экономических законов [10], поэтому необходимо развитие способности переходить от практических моделей, используемых в «науках о реальности», к математическим моделям с возможностью использовать математический формализм для преобразования этих моделей и поиска практически применимых мышлений. Наиболее четко этот подход проработан в формах дополнительного образования, связанного с техническим творчеством: прежде чем создать но-

вую конструкцию хотя бы в модели, ее необходимо точно рассчитать с учетом нюансов, заведомо выходящих за рамки школьной математики. Точно так же он может использоваться в исследовательской деятельности, в том числе с гуманитарными исследованиями «в поле».

Другие зарекомендовавшие себя формы здесь – компьютерные игры [11], в том числе командные, основанные на сложных математических моделях:

– экономические игры, моделирующие сложное взаимодействие между субъектами экономики в виртуальном сетевом государстве («Civilization», «Anno 2205», «Anno 2070»);

– военно-тактические симуляторы («World of Tanks», «Battleship», «Silent Hunter»), основанные на точных математических описаниях реальной военной техники и театров боевых действий;

– «интегральные» стратегические игры («SymCity», «Europa Universalis», «Stellaris»), требующие одновременной оценки многих численно выраженных параметров и их связей;

– игры–приключения, требующие решения сложных задач-головоломок разного рода, в том числе логических, теоретико-информационных, теоретико-механических («The Talos Principle», «Portal»).

А также классические логические головоломки, построенные на сюжетах о «лжецах и правдецах» [6; 7].

Выводы

Перспективные практики дополнительного образования в области математики.

1. *Интенсивные школы* наиболее продуктивны как практика дополнительного образования. Они позволяют:

– обеспечить равную доступность качественного образования для школьников из разных территорий;

– поместить школьников в социальные и культурные формы;

– обеспечить интенсивное осуществление современных форм продуктивной деятельности.

Однако интенсивные школы являются и наиболее затратными:

– затраты на проезд, проживание и питание участников, в том числе из отдаленных территорий, на оборудование и инфраструктуру;

– на привлечение высококвалифицированных специалистов – как ученых, так и специалистов по организации содержательного культурного досуга;

– затраты на разработку образовательных программ, даже если они строятся по типовым схемам [12].

2. *Элективные курсы* в условиях профильной школы позволяют удобно упаковать программы интенсивных школ, но без соответствующих издержек [13].

В отличие от интенсивной школы, где образовательное содержание может быть в равной степени представлено заданиями, составом преподавателей, организацией уклада (как в учебной деятельности, так и жизни вне учебного процесса), в элективном курсе образовательная задача должна задавать:

- тему;
- последовательность шагов, позволяющих выйти из противоречия в продуктивное действие.

При наличии достаточного количества сходных задач на уровне муниципальной или региональной системы образования может быть запущена олимпиада, ориентированная на большее владение научным предметным знанием и способами деятельности, на оценку компетентности [13; 14]. Но элективные курсы требуют больших затрат на разработку, но в сравнении с интенсивными школами в них необходимо:

- компенсировать отсутствие значимых носителей предметного знания квалификацией преподавателя;
- компенсировать отсутствие целостного уклада;
- удерживать временную динамику, случающуюся в условиях интенсивной школы естественным образом.

3. *Клуб* (или в старой терминологии – *кружок*) можно считать *минимальной* формой дополнительного образования, ориентированной на предметность и способной работать на поддержку (на формирование) способности. Клуб как необязательная форма деятельности привлекателен тем, кто руководствуется своими интересами, выходящими за пределы повседневных обязательств и требований.

Математический клуб подходит для любого возраста, например, как:

- *клуб реконструкции математических сюжетов*, восстанавливающий математические задачи из художественной литературы либо кинематографа (в том числе задачи неочевидные и нетривиальные);
- *исследовательский клуб*, включающийся в сетевые сообщества научных обществ учащихся. Такие клубы могут строиться как вокруг задач, связанных с эстетикой математики (но тогда они будут скорее всего воспроизводить уже известные результаты), так и с решением прикладных задач на местности;
- *клуб участников сетевой игры*, где обсуждаются правила игры, закономерности игрового мира и устройств, присутствующих в игровом мире, устраиваются внутренние соревнования и оцениваются их резуль-

таты в том числе по тому, кто из участников как может оценить математические закономерности мира;

– клуб любителей логических игр и головоломок, где принципиально не само по себе разгадывание головоломок как увлекательная интеллектуальная игра, но и описание схем рассуждений, позволяющих эффективно разгадывать головоломки.

Здесь принципиально важно следующее:

– педагог, организующий клуб, должен ориентироваться в необходимой математике и предметной действительности, по поводу которой строится клуб;

– в частности, ввиду актуальности сетевых игр для современных подростков педагог сам должен быть если не фанатом, то любителем таких игр и уметь заразить школьников своим энтузиазмом;

– при организации исследовательской группы педагог должен быть любознательным и заинтересованным в результате исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Левина Л. А., Сапгир Г. И.** Приключения Кубарика и Томатика, или Веселая математика. – М.: 1975. – 160 с.
2. **Лёвшин В.** Фрегат капитана Единицы. – М.: 1979. – 160 с.
3. **Лёвшин В.** Магистр рассеянных наук. Математическая трилогия. – М.: 1987. – 416 с.
4. **Энциклопедический словарь юного математика** / сост. А. П. Савин – М.: 1989. – 352 с.
5. **Пойа Дж.** Математика и правдоподобные рассуждения / пер. с англ. – М.: Глав. ред. физ-мат. лит., 1975. – 464 с.
6. **Смаллиан Р.** Принцесса или тигр? / пер. с англ. И. Е. Зино. – М.: Мир, 1985. – 221 с.
7. **Смаллиан Р.** Как же называется эта книга? / пер. с англ. и предисл. Ю. А. Данилова. – М.: Мир, 1981. – 238 с.
8. **Koichua B., Katzb E., Berman A.** Stimulating student aesthetic response to mathematical problems by means of manipulating the extent of surprise // The Journal of Mathematical Behavior. – 2017. – Vol. 46. – P. 42–57.
9. **Бёрд Киви.** «Числа со смыслом» // Компьютерра. – 2007. – № 12. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.computerra.ru/316706> (дата обращения: 20.04.2017).
10. **Švecová V., Rumanová L., Pavlovičová G.** Support of Pupil's Creative Thinking in Mathematical Education // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 116. – P. 1715–1719.
11. **Тонéis С. N.** The act of playing and the logical and mathematical reasoning in digital games: The mathematical experience in the digital games // Entertainment Computing. – 2017. – Vol. 18. – P. 93–102.
12. **Попов А. А., Проскуровская И. Д.** Открытая модель дополнительного образования региона / науч. ред. А. А. Попов, И. Д. Проскуровская. – Красноярск, 2004. – 279 с.
13. **Попов А. А.** Образовательные программы и элективные курсы компетентностного подхода / предисл. В. А. Болотова. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 344 с.
14. **Попов А. А., Ермаков С. В., Реморенко И. М.** Проект «Оценка компетентностных результатов и достижений» // Попов А. А. Открытое образование как практика самоопределения. – М., Некоммерческое партнерство «Авторский клуб», 2015. – 96 с.

REFERENCES

1. **Levinova L. A., Sapgir G. I.** (1975). *Kubarik and Tomatik's adventures, or cheerful mathematics*. Moscow, 160 pp. (In Russian)
2. **Lyovshin V.** (1979). *Frigate of the captain Edinitsa*. Moscow, 160 pp. (In Russian)
3. **Lyovshin V.** (1987). *Master of dispelled sciences. Mathematical trilogy*. Moscow, 416 pp. (In Russian)
4. **Encyclopedic dictionary of young mathematician** (1989). Comp. by A. P. Savin, Moscow, 352 pp. (In Russian)
5. **Polya J.** (1975). *Mathematician and plausible reasoning*. Transl. from English. Moscow: Ed. Of phys.-math. literature. Publ., 464 pp. (In Russian)
6. **Smallian R.** (1985). *Princess or tiger?* Transl. from English by I. E. Zino. Moscow: Mir Publ., 221 pp. (In Russian)
7. **Smallian R.** (1981). How this book is called? Transl. from English by Yu. A. Danilova. Moscow: Mir Publ., 238 pp. (In Russian)
8. **Koichua B., Katzb E., Berman A.** (2017). Stimulating student esthetic response to mathematical problems by means of manipulating the extent of surprise. *The Journal of Mathematical Behavior*, vol. 46, pp. 42–57.
9. **Byord Kivi.** «Numbers with a meaning». Computerra. 2007, no. 12. [Electronic resource]. Available at: <http://old.computerra.ru/316706> (accessed: 04.20.2017).
10. **Švecová V., Rumanová L., Pavlovičová G.** (2014). Support of Pupil's Creative Thinking in Mathematical Education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 116, pp. 1715–1719.
11. **Tonéis C. N.** (2017). The act of playing and the logical and mathematical reasoning in digital games: The mathematical experience in the digital games. *Entertainment Computing*, vol. 18, pp. 93–102.
12. **Popov A. A., Proskurovskaya I. D.** (2004). *Open model of additional education of the region*. Ed. A. A. Popov, I. D. Proskurovskaya. Krasnoyarsk, 279 pp. (In Russian)
13. **Popov A. A.** (2014). *Educational programs and elective courses of competence-based approach*. Foreword by V. A. Bolotova. Moscow: LENAND Publ., 344 pp. (In Russian)
14. **Popov A. A., Ermakov S. V., Remorenko I. M.** (2015). Project «Assessment of competence-based results and achievements». Popov A. A. *Open education as a practice of self-determination*. Moscow, Author's Club Non-profit partnership «Avtorskij klub» Publ., 96 pp. (In Russian)

BIBLIOGRAPHY

- Arnold, V. I.** (1986). *Ordinary differential equations*. Moscow, 272 pp. (In Russian)
- Asmolov, A. G.** (1996). *Cultural and historical psychology and construction of worlds*. Moscow; Voronezh, 650 pp. (In Russian)
- Davydov, V. V.** (1996). *The theory of the developing tutoring*. Moscow: INTOR Publ., 544 pp. (In Russian)
- Demenyuk, S. L.** (2011). *Fractal: between the myth and craft*. St. Petersburg, 291 pp. (In Russian)
- Graham, R., Cnut, D., Patashnik, Lake** (1998). *Concrete mathematics. Informatics basis*. Moscow, 703 pp. (In Russian)
- Heisenberg, V.** (1986). *Steps for the horizon*. Moscow: Progress Publ., 368 pp. (In Russian)
- Yefimov, V. S., Lapteva, A. V., Ermakov, S. V. etc.** (1994). *Possible worlds: initiation of creative thinking*. Moscow: INTERPRAKS Publ., 128 pp. (In Russian)
- Klein, M.** (1988). *Mathematician. Searching for the truth*. Moscow: Mir Publ., 295 pp. (In Russian)

Lokatos, I. (1967). *Proofs and denials. As theorems are proved.* Moscow: Nauka Publ., 152 pp. (In Russian)

Piaget, J. (1994). *Child's conception of number.* Piaget J. *Selected psychological works.* Moscow, 659 pp. (In Russian)

Wertheimer, M. (1987). *Productive thinking.* Transl. from English; ed. S. F. Gorbova, V. P. Zinchenko. Moscow: Progress Publ., 336 pp. (In Russian)

Принята редакцией: 28.02.2017