

Шматков Михаил Николаевич

*Доцент кафедры техники и технологического образования,
кандидат физико-математических наук, Новосибирский государственный
педагогический университет, г. Новосибирск. E-mail: mihnik2001@mail.ru*

Некрасова Ирина Ивановна

*Заведующий кафедрой техники и технологического образования,
кандидат педагогических наук, Новосибирский государственный
педагогический университет, г. Новосибирск. E-mail: irinanekrasova@mail.ru.*

ЭЛЕМЕНТЫ КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО КОНТЕНТА ПО МАТЕМАТИКЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Целью настоящей работы является обобщение и систематизация ключевых элементов, определяющие эффективность и результативность обучающего интерактивного контента по математике в условиях применения цифровизации образовательного процесса. На основе многолетней исследовательской и практической деятельности в сфере изучения и разработки электронных образовательных ресурсов по математике, характеризуя школьное математическое образование с позиций инновационных процессов, были сформулированы ключевые элементы концепции построения интерактивного образовательного контента по математике, позволяющие определить верные векторы приложения усилий и использования возможностей ИКТ при разработке такого контента. Авторский результат данной работы является фундаментом для создания интерактивных образовательных ресурсов по математике, соответствующим современным тенденциям и достижениям в сфере цифровизации обучения детей, и основывается на сочетании достижений традиционной психолого-педагогической науки и основанных на анализе больших данных лучших практиках построения сценариев работы пользователей с цифровыми системами и сервисами.

Ключевые слова: цифровизация, математика, концептуальное понимание, критическое мышление, интерактивный контент, информатизация, электронный образовательный ресурс.

Shmatkov Michael Nikolaevich

*Associate Professor of the Department of Engineering and Technological Education,
PhD Math / Physics, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk.
E-mail: mihnik2001@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7419-1573*

Nekrasova Irina Ivanovna

*Head of the Department of Technology and Technological Education,
Candidate of Pedagogical Sciences, Novosibirsk State Pedagogical University,
Novosibirsk. E-mail: irinanekrasova@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0480-1238*

ELEMENTS OF THE CONCEPT OF CONSTRUCTION OF INTERACTIVE CONTENT ON MATHEMATICS IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

The goal of this paper is to summarize and sort out the key elements that determine the effectiveness and efficiency of educational interactive content in mathematics in the context

of the digitalization of the educational process. On the basis of many years of research and practical activity in the field of studying and developing electronic educational resources in mathematics, characterizing school mathematics education from the standpoint of innovative processes, key elements of the concept of constructing interactive educational content in mathematics were formulated, which make it possible to determine the right vectors for applying efforts and using the capabilities of ICT in developing such content. The author's result of this work is the foundation for creating interactive educational resources in mathematics that correspond to modern trends and achievements in the field of digitalization of children's education, and is based on a combination of the achievements of traditional psychological and pedagogical science and best practices based on the analysis of big data for building user scenarios with digital systems and services.

Keywords: digitalization, mathematics, conceptual understanding, critical thinking, interactive content, informatization, electronic educational resource.

Математическое образование в России и во всем мире претерпевает в последние десятилетия существенные изменения, цифровизация школы и вуза объявлена главным трендом российского образования и призвана дать ответы на «взрывное» появление новых компетенций, изменение рынка труда и открытости глобального информационного пространства [1]. Сегодня мир находится на пороге нового скачка, взрыва создания универсальных и специализированных баз знаний [2, с. 48]. Серьезная математическая подготовка дает специалисту возможность с помощью математических методов исследовать широкий круг современных проблем [3, с. 8].

Математика возникла из практических нужд людей. Ее связи с практикой со временем становятся все более и более многообразными и глубокими [4, с. 18]. Следует отметить, что при обучении математике закладываются основы методологии научного творчества, методология – способ последовательных шагов, которые осуществляются для достижения заданной цели, система организации интеллектуальной деятельности [5]. Кроме того, о переориентации учебного процесса от знаниевого к деятельностному подходу в аспекте формирования системы знаний говорится во многих научных исследованиях [6–9]. В нашем исследовании главный акцент на то, что главной целью обучения в курсе матема-

тики является выработка у обучающихся способности самостоятельно решать задачи на основе приобретенных теоретических знаний и практических навыков.

Анализ современного состояния цифровизации математического образования, равно как и образования вообще, показывает, что реалии в области применения технологий при создании интерактивного обучающего контента далеко отстают от современных достижений в сфере организации человеко-машинного взаимодействия, создания пользовательских интерфейсов и сценариев и лучших практик в данной сфере [10]. Инновационное содержание авторского результата для образования заключается в обобщении современных достижений в разных сферах исследовательской и практической деятельности, необходимых для создания современных и эффективных интерактивных обучающих сред и инструментов и изложении системы ключевых элементов, призванных стать фундаментом для дальнейшей исследовательской и практической деятельности в данной области.

В настоящей работе на основе многолетней исследовательской и практической деятельности в сфере изучения и разработки электронных образовательных ресурсов по математике, характеризуя школьное математическое образование с позиций инновационных процессов.

Элемент 1 – глубокое концептуальное понимание. Концептуальное понимание – это соединение отдельных элементов математических знаний в целостное восприятие той или иной темы. По сути, это "почему", обосновывающее "как" получен ответ. Это выработка понимания основополагающих элементов математики, лежащих в основе изучаемых далее алгоритмов и формул, которая подкрепляется следующими составляющими (см. табл). Важность концептуальной составляющей в математическом образовании подчеркивалась в целом ряде исследований, в частности отмечается, что прежде чем начать использовать символическое представление, учащиеся сперва должны преуспеть в практико-ориентированных видах деятельности, раскрывающих как данное знание применяется в контексте [14].

Развитие от конкретного к абстрактному. Математика – это мир абстракций. Но для развития настоящего, подлинного концептуального понимания, а не просто умения следовать алгоритмам, нужно пройти все уровни абстракции: от предельно конкретного до полностью абстрактного. При разработке интерактивного контента необходимо обеспечить постепенный переход обучающихся от самых конкретных представлений математики в ситуациях повседневной жизни, через постепенно возрастающий символизм, к умению решать полностью абстрактные задачи в конце этого пути. Такая последовательность гарантирует, что они не просто запоминают процедуры, но в действительности понимают их смысл.

Разносторонние примеры и иллюстрации. При изучении каждого математического понятия для выработки его верного понимания необходимо использовать разносторонние способы его предметного представления, примеры и иллюстрации. Использование разносторонних способов предметного

представления помогает обучающимся обобщить математические модели изучаемого понятия и в дальнейшем выбирать подходящую модель, когда они сталкиваются с незнакомыми задачами.

Поступательно-возвратное обучение и пропедевтика. Значение пропедевтики трудно переоценить, ведь с ее помощью закладывается необходимый фундамент еще до начала непосредственно обучения тому или иному понятию. При любом удобном случае необходимо использовать возможность продемонстрировать варианты этого понятия на более интуитивном уровне, чтобы помочь обучающимся понять его суть. Это повышает уверенность обучающихся, укрепляет навыки решения задач и помогает преодолеть боязнь математики.

Установление связей между темами. Как известно, в образовательных программах и учебниках по математике материал разбивается по темам и навыкам. При такой классификации легче выстроить последовательность обучения. Но вместе с тем нельзя забывать, что все элементы содержания образования взаимосвязаны, а не существуют изолированно. Соответственно, при построении контента особый акцент требуется на взаимосвязи между темами, поскольку для выработки глубокого понимания важно знать не только "что", но и "почему", "когда" и "как".

Эффективная и информативная обратная связь. При реализации контента в формате электронного образовательного ресурса необходимо предусматривать реакцию системы на неправильные ответы обучающихся для обеспечения своевременного обучающего воздействия, подталкивающего их к анализу своей ошибки и повторной попытке. Целесообразно формировать такую реакцию в виде последовательности из 23 этапов, предлагающих обучающимся иллюстрированные подсказки и, при

необходимости, шаги решения задачи. Таким образом, обучающийся получает все необходимое, чтобы решить следующую задачу правильно.

Элемент 2 – критическое мышление. Развитие критического мышления средствами интерактивного обучающего контента осуществляется за счет предоставления обучающимся широких возможностей испытывать и анализировать определения и выводы, подталкивая их к таким вопросам, как, например, “В каких случаях это применимо?” или “Что нужно, чтобы мы могли утверждать это?”. В процессе такой учебной деятельности обучающимся предлагается искать аргументы, а не просто принимать правила как есть. Развитие навыков критического мышления основано на следующих четырех составляющих:

Развитие навыков решения задач. Решение задач лежит в основе всей математики. Его важность подчеркивается в образовательных стандартах во всем мире, но научить решать задачи трудно, поскольку очень тонка грань между воодушевлением от успеха при решении сложной задачи и разочарованием при неудаче. При проектировании интерактивного контента по математике крайне важно позволить детям попробовать свои силы в решении незнакомых задач и найти новые способы их решения, особенно когда отсутствует очевидный алгоритм действий.

Развитие ответственности. Возможность самоанализа и самооценки является основополагающей для развития самостоятельности в обучении. Интерактивный контент может и должен обеспечивать обучающимся среду, в которой у них есть возможность самим понять свои ошибки, в которой они могут довести ошибки до логического завершения, чтобы понять, как и где был сделан неверный шаг.

Относительно повседневной жизни ребенка математическое сообщество

может казаться чем-то абстрактным, но важной сопутствующей целью и одновременно средством актуализации обучения является раскрытие перед обучающимися красоты математики. Для этого интерактивный обучающий контент должен предлагать среду, где обучающимся комфортно ставить вопросы и действовать, ощущая при этом важность своего вклада в математику.

Многообразие стратегий и решений. Задачи, возникающие в реальной жизни, обычно имеют несколько решений. Это верно и в математике. По сути, наличие нескольких стратегий решения является признаком сложных задач. Предусматривая несколько стратегий и решений при разработке интерактивного контента, тем самым создаются условия для поощрения и развития творческого подхода и игровой составляющей математики. Крайне важно, чтобы задачи допускали несколько способов поиска ответа, позволяя обучающимся обнаружить новые идеи, прийти к своим собственным выводам и углубить свое понимание задачи. Исключения могут составлять лишь случаи, когда многовариантность решения может нанести вред целям обучения, однако, как показывает практика, такие случаи редки.

Элемент 3 – осмысленный контекст. Помочь обучающимся осознать взаимосвязи математики с реальной жизнью можно главным образом через рассмотрение задач реального мира в естественных ситуациях. В этом смысле использование в постановках математических задач естественного контекста, который воспринимается обучающимися как реальный, помогает им осознать важность различных математических понятий в их повседневной жизни. Благодаря такой достоверности, по мере перехода обучения на все более и более абстрактный уровень, обучающиеся сохраняют чувство уверенности и понимание того, как они могут связать это

с повседневной жизнью. Многочисленные исследования подтверждают верность данного тезиса, например, в работе [15] отмечается, что понимание факта « $2 + 3 = 5$ » возникает не из перемещения загадочных символов на бумаге, а из конкретных представлений символов «2», «3», «5», а также «+» и «=». В более общем ключе, чтобы быть осмысленными и достоверными, формальные системы должны быть связаны с реальным миром, которые они призваны моделировать [16].

Соответствие повседневным интересам обучающихся. Обеспечение соответствия контента повседневному опыту и интересам обучающихся является основополагающим для постоянной вовлеченности и мотивации в математике. Зачастую математика воспринимается как абстракция, оторванная от повседневной жизни детей. Именно поэтому очень важно предлагать обучающимся контент, по своей природе им интересный. Задания могут быть связаны с фильмами, которые они смотрят, с играми, в которые они играют, или с окружающим миром. Такая математика уже сама по себе будет связана с их повседневной жизнью. Однако в некоторых случаях имеет смысл создавать миры и задачи, где обучающиеся могут использовать воображение и игровые навыки, представить некий воображаемый мир и попробовать в нем свои силы.

Достоверная обстановка. Ключевая цель данного подхода при разработке интерактивного обучающего контента состоит в том, чтобы придать математическим концепциям интуитивность. Лучший способ достичь этого заключается в том, чтобы положиться на ту интуицию, которая уже есть у обучающихся. Для этого следует опираться на их естественный повседневный опыт. Спланированные и отобранные таким образом задания создают среду, в которой обучающиеся могут учиться, раз-

виваться и обобщать новые идеи через многочисленные ситуации реальной жизни. Следует, напротив, избегать надуманных ситуаций, примеры которых не соответствуют реальной жизни. Например, говоря о числе 10, следует скорее показать десять яиц в лотке, а не 10 облаков в небе.

Внутренняя обратная связь. Традиционная обратная связь в образовании – это внешняя сила, сообщающая ребенку “ты ошибся”. Но наличие в задаче осмысленного контекста уже само по себе подразумевает обеспечение внутренней, присущей контексту обратной связи. Таким образом, присутствует внутренняя обратная связь, присущая ситуации, описанной в задаче. Она напрямую вытекает из предпринятых обучающимся действий и не является сторонним вердиктом.

Элемент 4 – Персонализированное обучение, реализуемое через адаптивные задания и дифференцированный подход с целью обеспечения каждому обучающемуся успешного образовательного трека. Каждый ребенок учится по-своему: с разной скоростью, в своем стиле. Предлагая подходящие вопросы в нужное время, мы можем обеспечить каждому ребенку возможность обучения по индивидуальной траектории. Предлагая учебную среду, где дети имеют возможность принять ответственность за свое обучение, мы не только поощряем их самостоятельность, но и делаем так, чтобы, вне зависимости от своих потребностей, дети могли подойти к любому вопросу таким образом, который наиболее соответствует их способностям.

Индивидуальные траектории. Важный аспект проектирования заданий состоит в том, чтобы каждый обучающийся мог выполнять их в своем темпе и своим способом. Это значит, что следует избегать ограничений по времени, если только целью упражнения не является выработка беглых навыков. Следу-

ет также позволять обучающимся возвращаться к одному и тому же заданию столько раз, сколько они хотят, чтобы добиться улучшения результата. По нашему мнению, обучающимся нужно время и пространство для освоения понятий, навыков и преодоления испытаний, с которыми они сталкиваются.

Успех в разнородном классе. Добиться успеха в классе с обучающимися разного уровня способностей всегда нелегко как самим обучающимся, так и учителям. Современные ИКТ открывают возможность реализации в электронном образовательном ресурсе набора инструментов, позволяющих не просто управлять обучением в таком классе, но и обеспечить развитие способностей каждого обучающегося. Перечислим лишь некоторые, наиболее важные из них.

- **Взаимное обучение:** Когда один обучающийся объясняет что-то другому – оба получают от этого пользу. Иногда взрослым трудно понять, в чем состоит трудность для ребенка, поскольку мы преодолели это препятствие уже давно. Но другой ребенок, который преодолел его недавно, лучше понимает проблему и может помочь.

- **Варианты заданий:** Все обучающиеся могут выполнять в одно и то же интерактивное задание, но на разных уровнях сложности, в зависимости от своих успехов. Целесообразно, чтобы внешне такие дифференцированные (вариативные) задания выглядели одинаково и отличались только уровнем сложности. Наличие таких дифференцированных вариантов одного задания позволяет учителям назначать их разным обучающимся или группам обучающихся в пределах одного класса.

- **Задания сверх программы:** Важное значение в процессе обучения имеют математические загадки, головоломки и игры с нарастающей сложностью, в которых обучающиеся могут продол-

жать обучение столько, сколько захотят. Благодаря таким заданиям, выходящим за рамки обычной программы, обучающиеся с более высоким уровнем способностей, после выполнения стандартной программы, могут попробовать силы в более сложных задачах, не создавая разрывов в обучении.

- **Междисциплинарный контент:** Детям интересны разные темы, поэтому следует стимулировать их любознательность. Чтобы увлечь обучающихся, целесообразно в некоторых интерактивных заданиях вводить междисциплинарные элементы, показывающие как математика применяется в других областях.

Персонализированная обратная связь и подсказки. Обратная связь – одна из ключевых составляющих процесса обучения, но как недостаток, так и излишек информации не способствует пониманию обучающимся ни своей ошибки, ни самой задачи. Интерактивный формат контента позволяет принимать во внимание ответы обучающегося для предоставления эффективной персонализированной обратной связи, учитывающей его фактический ответ, благодаря чему обеспечивается своевременное обучающее воздействие.

Элемент 5 – Подлинная вовлеченность, обеспечиваемая тщательно выверенной игровой средой, мотивирующей настойчивость и прививающей любовь к математике.

Обеспечение подлинной увлеченности обучающихся математикой является основой для их связи с математикой на протяжении всей жизни. Поэтому важно, чтобы интерактивный контент по математике был по-настоящему увлекательным, а не ограничивался лишь переведенным в цифровой формат тем же самым печатным учебником. Для этого интерактивная обучающая среда должна стать местом, куда детям хочется возвращаться, где персонажи увлекают, ситуации интригуют, задачи до-

ступны, где хочется остаться и узнать, чем закончится история. В то же время при разработке подобных игровых интерактивных сценариев следует тщательно следить, чтобы такие увлекательные сценарии не оттесняли педагогику на задний план. Практика показывает, что данная ошибка имеет достаточное распространение среди разработчиков интерактивного обучающего контента. Может возникнуть закономерный вопрос: почему, например, при изучении счета нужно использовать цифровую интерактивную мини-игру, построенную вокруг контекста о формировании ожерелья из бусинок, почему нельзя предложить детям поиграть с бусинами по такому же сценарию в физическом мире? Однако исследованиями доказано, что если целью обучения является изучение **именно математики**, то компьютерная симуляция намного эффективнее аналогичного занятия с физическими объектами: в сравнении со своими физическими аналогами, компьютерные симуляции более управляемы, расширяемы и свободны от контрпродуктивных вариантов учебных действий [11]. Физичность используемых в обучении объектов не имеет принципиального значения; образовательно эффективными их делают возможность взаимодействовать с ними и их осмысленное использование в правильном контексте [12].

Среди составляющих такой благоприятной интерактивной образовательной среды можно указать следующие:

Уменьшение боязни. Когда ожидается всего один правильный ответ, становится сразу видно, если ответ обучающегося неверный. В сочетании с культурой, где ошибка приравнивается к низкому интеллекту, это ведет к развитию у детей боязни математики, что, в свою очередь, приводит к избеганию математики в старшем возрасте. В то же время ощущение компетентности и уверенности является важнейшим элемен-

том обучения. В связи с этим интерактивный обучающий контент должен быть основан на контролируемой игровой среде, позволяющей детям безопасно экспериментировать, что уменьшает их боязнь.

Стимулирование любознательности и поощрение настойчивости. Создание условий, где обучающиеся могут свободно удовлетворять свое любопытство и проявлять настойчивость, является важным элементом благоприятной образовательной среды. Достигнуть этого можно, предоставляя детям значительный контроль над ходом своего обучения, свободу исследования, принятия решений и выбора способов. Задания должны быть достаточно трудными, но и увлекательными, допускающими несколько возможностей получить правильный ответ и подталкивающими обучающихся к тому, чтобы довести дело до конца.

Право на ошибку. Настоящее обучение возможно только в процессе преодоления трудностей, когда обучающийся сталкивается с проблемой, несколько раз терпит неудачу, но затем преодолевает ее и находит решение. Такой процесс целесообразно “упаковать” в игровую среду, чтобы дети не боялись ошибаться. Как и в играх, в которые они играют, ошибка – это часть процесса преодоления трудностей и продвижения к цели. Используя подобный контент, дети будут видеть, что ошибки являются уже не угрозой, а естественной частью процесса обучения.

Использование технологий для поддержания вовлеченности. Технологии дают нам так много возможностей улучшить процесс обучения, но большинство производителей образовательного контента ограничиваются простым переводом текста учебника в цифровой формат. Продуктивной стратегией представляется реальное использование современных разносторонних возмож-

ностей ИКТ при построении интерактивного контента.

Обучение через действие. Как говорил Конфуций: “Я слышу и забываю, я вижу и запоминаю, я делаю и понимаю”. Это как никогда применимо к современному обучению. Исследованиями доказано, что активное, основанное на практике обучение намного эффективнее пассивного. Именно поэтому правильно построенный интерактивный обучающий контент имеет огромный потенциал повышения эффективности и качества обучения математике. Неслучайно современные исследования подчеркивают, что математические озарения следует развивать с помощью опыта, основанного на перцепции и активной деятельности обучающихся [13].

В условиях традиционной системы образовательного процесса педагогической наукой подробно разработаны формы и методы учебной деятельности, позволяющие достичь указанной цели обучения. Однако в условиях активной цифровизации образовательного процесса, являющейся сегодня императивом среди трендов развития образования как в России, так и во всем мире, теория и практика образования существенно отстает от современных тенденций развития информационно-коммуникационных технологий и их постоянно расширяющихся возможностей в плане обогащения образования новыми формами учебной деятельности и средствами обучения [10]. Об этом свидетельствует, в частности, наблюдаемый до сего дня крайне низкий уровень использования реальных возможностей информационных компьютерных технологий (ИКТ) при создании цифрового образовательного контента, в данной работе были сформулированы ключевые элементы

концепции построения интерактивного образовательного контента по математике, позволяющие определить верные векторы приложения усилий и использования возможностей ИКТ при разработке такого контента.

Таким образом, в результате проведенного исследования выполнены обобщение и систематизация ключевых элементов, определяющих эффективность и результативность обучающего интерактивного контента по математике в условиях применения цифровизации образовательного процесса. Авторский результат работы явился обобщением многолетней исследовательской и практической деятельности в сфере изучения и разработки электронных образовательных ресурсов по математике с позиций инновационных процессов и выражается в формулировании ключевых элементов концепции построения интерактивного образовательного контента по математике, позволяющих определить верные векторы приложения усилий и использования возможностей ИКТ при разработке такого контента. Основным выводом по результатам исследования является обоснованное заключение о том, что предложенная система элементов является фундаментом для создания интерактивных образовательных ресурсов по математике, соответствующих современным тенденциям и достижениям в сфере цифровизации обучения детей, и основывается на сочетании достижений традиционной психолого-педагогической науки и основанных на анализе больших данных лучших практиках построения сценариев работы пользователей с цифровыми системами и сервисами.

Список литературы

1. *Смирнов Е. И., Богун В. В., Уваров А. Д.* Синергия математического образования в школе и вузе на основе адаптации современных достижений в науке: монография. – Саратов: Вузовское образование, 2020. – 157 с.
2. *Украинцев Ю. Д.* Информатизация общества: учебное пособие. – СПб: Лань, 2019.
3. *Сергеева Е. В., Гугина Е. М.* Теоретические основы развития математической компетентности студентов технического университета: монография. – Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2020.
4. *Темержбекова А. А., Чугунова И. В., Байгонакова Г. А.* Методика обучения математике: учебное пособие. – СПб: Лань, 2021.
5. *Воробьева Н. В.* Основы научных исследований: Практическое пособие для студентов всех специальностей. – Омск: Издательство «Прогресс» омского института предпринимательства и права, 2005. – 100 с.
6. *Коржуев А. В., Попков В. А.* Традиции и инновации в высшем профессиональном образовании. – Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2003. – 304 с.
7. *Технология наглядно-модельного обучения математике*: монография. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 1997. – 323 с.
8. Подготовка учителя математики: Инновационные подходы / под ред. В. Д. Шадрикова. – М.: Гардарики, 2002. – 383 с.
9. *Алексеева С. В.* Математика. Практико-ориентированные задачи: учебное пособие. – СПб: СПбГЛТУ, 2020.
10. *Шматков М. Н.* Информатизация высшего профессионального образования: анализ, моделирование, практика: монография. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2010. – 350 с.
11. *Megan C. Brown, Nicole M. McNeil, Arthur M. Glenberg.* Using Concreteness in Education: Real Problems, Potential Solutions // *Child Development Perspectives*. – 2009. – Vol. 3, Issue 3. – Pp. 160–164.
12. *Sarama J., Clements D. H.* “Concrete” computer manipulatives in mathematics education // *Child Development Perspectives*. – 2009. – Vol. 3, Issue 3. – Pp. 145–150.
13. *Abrahamson D.* Building educational activities for understanding: An elaboration on the embodied-design framework and its epistemic grounds // *International Journal of Child-Computer Interaction*. – 2014. – Vol. 2, Issue 1. – Pp. 1–16.
14. *Bamberger J.* Action knowledge and symbolic knowledge: The computer as mediator // In D. Schön, B. Sanyal, & W. Mitchell (Eds.), *High technology and low income communities*, Cambridge, MA: MIT Press, 1999. – Pp. 235–262.
15. *Harnad S.* The Symbol Grounding Problem. // *Physica*. – 1990. – Vol. 42. – Pp. 335–346.
16. *Nathan M. J.* Rethinking Formalisms in Formal Education // *Educational Psychologist*. – 2012. – Vol. 47 (2). – Pp. 125–148.

References

1. *Smirnov E. I., Bogun V. V., Uvarov A. D.* Synergy of mathematical education at school and university based on the adaptation of modern achievements in science: monograph. Saratov: University education, 2020. 157 p. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.23682/92646>
2. *Ukraincevs Yu. D.* Informatization of society: a tutorial. St. Petersburg: Lan, 2019. (In Russian)
3. *Sergeeva E. V., Gugina E. M.* Theoretical foundations of the development of mathematical competence of students of a technical university: monograph. Magnitogorsk: MSTU im. G.I. Nosov, 2020 (In Russian)

4. *Temerbekova A. A., Chugunova I. V., Baigonakova G. A.* Methods of teaching mathematics: a textbook. St. Petersburg: Lan, 2021.
5. *Vorobieva N. V.* Fundamentals of Scientific Research: A Practical Guide for Students of All Specialties. Omsk, 2005. 100 p. (In Russian)
6. *Korzhuev A. V., Popkov V. A.* Traditions and innovations in higher professional education. Moscow: Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2003. 304 p. (In Russian)
7. Technology of visual-model teaching of mathematics: monograph. Yaroslavl: YAGPU Publishing House, 1997. 323 p. (In Russian)
8. Training of a teacher of mathematics: Innovative approaches. ed. V. D. Shadrikova. M.: Gardariki, 2002. 383 p. (In Russian)
9. *Alekseeva S. V.* Mathematics. Practice-oriented tasks: a tutorial. St. Petersburg: SPbGLTU, 2020. (In Russian)
10. *Shmatkov M. N.* Informatization of higher professional education: analysis, modeling, practice: monograph. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2010. 350 p. (In Russian)
11. *Megan C. Brown, Nicole M. McNeil, Arthur M. Glenberg.* Using Concreteness in Education: Real Problems, Potential Solutions. Child Development Perspectives. 2009. Vol. 3, Issue 3. Pp. 160–164.
12. *Sarama J., Clements D. H.* “Concrete” computer manipulatives in mathematics education. Child Development Perspectives. 2009. Vol. 3, Issue 3. Pp. 145–150.
13. *Abrahamson D.* Building educational activities for understanding: An elaboration on the embodied-design framework and its epistemic grounds. International Journal of Child-Computer Interaction. 2014. Vol. 2, Issue 1. Pp. 1–16.
14. *Bamberger J.* Action knowledge and symbolic knowledge: The computer as mediator. In D. Schön, B. Sanyal, & W. Mitchell (Eds.), High technology and low Income communities, Cambridge, MA: MIT Press, 1999. Pp. 235–262.
15. *Harnad S.* The Symbol Grounding Problem. Physica. 1990. Vol. 42. Pp. 335–346.
16. *Nathan M. J.* Rethinking Formalisms in Formal Education. Educational Psychologist. 2012. Vol. 47 (2). Pp. 125–148.