

С. Н. Дворяткина <https://orcid.org/0000-0001-7823-7751>

Л. В. Жук <https://orcid.org/0000-0002-5054-882X>

Организационно-методическое обеспечение развития исследовательской деятельности школьников в гибридной интеллектуальной образовательной среде

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-14009

Для цитирования: Дворяткина С. Н., Жук Л. В. Организационно-методическое обеспечение развития исследовательской деятельности школьников в гибридной интеллектуальной образовательной среде // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 3 (120). С. 36-45. DOI 10.20323/1813-145X-2021-3-120-36-45

На современном этапе развития общества возрастает потребность в высококвалифицированных специалистах, готовых к непрерывному обновлению знаний и умений, решению исследовательских задач в профессиональной деятельности. В связи с этим одной из важных задач реализации образовательных программ становится достижение выпускниками высокого уровня исследовательской компетентности. Обучение математике открывает неограниченные возможности для развития интеллектуальной сферы и исследовательских умений школьников. Однако недостаточная разработанность педагогических технологий, ориентированных на реализацию психодидacticких закономерностей развития исследовательской деятельности, выступает негативным фактором, препятствующим реализации развивающего потенциала математических дисциплин.

В статье представлен авторский подход к организации исследовательской деятельности обучающихся старшей школы, базирующийся на идее интеграции процесса учебного познания и современных цифровых технологий. В качестве ключевого аспекта развития личности при обучении математике рассматривается деятельность по освоению сложного знания в ходе выполнения упорядоченных, образующих единую мотивационно-прикладную целостность комплексов заданий исследовательского характера, в процессе которой происходит активное овладение знаниями, более глубокое проникновение в суть математических понятий, методов, идей. При этом интеллектуальное управление исследовательской деятельностью старшеклассников осуществляется в рамках использования функционала гибридной обучающей среды, интегрирующей функции искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, нечеткой логики, экспертных систем, обеспечивающей индивидуализацию обучения, синтез математического и компьютерного моделирования содержания знаний и процедур. В работе охарактеризованы наполнение и функционал базовых модулей интеллектуальной обучающей системы, изложены теоретико-методологические и технологические аспекты организации исследовательской деятельности старшеклассников по освоению сложного математического знания.

Ключевые слова: интеллектуальное развитие, исследовательское обучение, сложное знание, интеллектуальная обучающая система.

S. N. Dvoryatkina, L. V. Zhuk

Organizational and methodological support for the development of research activities of schoolchildren in hybrid intellectual educational environment

At the present stage of society's development, there is an increasing need for highly qualified specialists who are ready for continuous updating of knowledge and skills, solving research problems in their professional activities. In this regard, one of the important tasks of the implementation of educational programs is the achievement of a high level of research competence by graduates. Teaching mathematics opens up unlimited opportunities for the development of the intellectual sphere and research skills of schoolchildren. However, the insufficient development of pedagogical technologies focused on the implementation of psychodidactic patterns of research activity development is a negative factor that prevents the realization of the developing potential of mathematical disciplines.

The article presents the author's approach to the organization of research activities of high school students, based on the idea of integrating the process of educational cognition and modern digital technologies. As a key aspect of personal development in teaching mathematics, we consider the activity of mastering complex knowledge in the course of performing ordered, forming a single motivational and applied integrity of the complex tasks of a research nature, in the process of which there is an active mastery of knowledge, deeper penetration into the essence of mathematical concepts,

methods, ideas. At the same time, intelligent management of research activities of high school students is carried out within the framework of using the functionality of hybrid learning environment that integrates the functions of artificial neural networks, genetic algorithms, fuzzy logic, expert systems, providing individualization of learning, synthesis of mathematical and computer modeling of the content of knowledge and procedures. The paper describes the content and functionality of the basic modules of the intellectual learning system, describes the theoretical, methodological, and technological aspects of the organization of research activities of high school students to master complex mathematical knowledge.

Keywords: research training, complex knowledge, intelligent learning system, funding chains of research tasks.

Постановка проблемы

Общемировая тенденция технологизации всех сфер человеческой жизни обуславливает потребность в высококвалифицированных специалистах, готовых к непрерывному технологическому прогрессу, постоянному обновлению своих знаний и навыков, решению исследовательских задач в профессиональной деятельности. В соответствии с вызовами времени меняются требования к результатам освоения образовательных программ. Одной из ключевых задач современной школы становится формирование у выпускников целостной системы исследовательской деятельности, позволяющей им овладевать востребованными в hitech-областях профессиями.

Сравнительный анализ мировых образовательных практик показывает, что наиболее высокий уровень естественно-научного и математического образования характерен для стран, где уделяется пристальное внимание интеллектуальному развитию учащихся, и на всех ступенях образования приоритет отдается исследовательскому обучению (Inquiry-Based Learning). Согласно данным международного мониторинга Programme for International Student Assessment, к числу мировых лидеров по качеству образования относятся Китай, Сингапур, Япония, Финляндия, Эстония, Республика Корея. В то же время российские школьники, успешно справляясь с заданиями репродуктивного типа, требующими стандартного применения теорем и формул, испытывают затруднения при необходимости научного объяснения и интерпретации явлений, при постановке проблем и применении методов математического моделирования к ситуациям, представленным в контексте реального мира [Адамович, 2019].

Подобный результат объясняется тем, что отечественная система образования на протяжении длительного периода времени была ориентирована на достижение высокого уровня эрудированности школьников, а основу учебных программ составлял перечень подлежащих усвоению научных фактов. Попытки внедрения технологий обучения в условиях продуктивной деятельности (дидактические системы развивающего обучения Л. В.

Занкова, Д. Б. Эльконина, В. В. Давыдова и др.) не приобрели массового характера в силу сложности их освоения и реализации. Очевидно, для укрепления позиции России в глобальном рейтинге образовательных систем необходимы тщательный анализ и трансформация образовательной практики.

В научных исследованиях, посвященных проектированию содержания образования, отмечается, что целенаправленный процесс перехода социального опыта, накопленного предшествующими поколениями, в индивидуальный опыт должен сопровождаться интеллектуальной активностью субъекта обучения, а также необходимыми атрибутами когнитивного процесса, к которым относятся восприятие, представление, интерпретация, применение. Особую актуальность данное положение приобретает при обучении математике: исключительные возможности этой дисциплины в плане развития интеллектуальной сферы и исследовательских умений обучаемых детерминированы спецификой математического метода, применение которого требует овладения как важнейшими интеллектуальными операциями (анализ, синтез, аналогия, абстрагирование, обобщение, конкретизация), так и базовыми способностями (понимание, моделирование, конструирование), универсальными умениями (планирование, доказательство, формулирование выводов).

Однако на сегодняшний день существует ряд факторов, препятствующих реализации развивающего потенциала математических дисциплин:

- преобладание в практике обучения информационно-сообщающих технологий, ориентированных на передачу готовых выводов науки, а не на самостоятельное их открытие, что влечет снижение уровня учебной мотивации;
- сложность оперирования знаково-символическими средствами, высокий уровень абстрагирования при работе с математическими объектами в ущерб наглядной содержательности порождают формализм знаний и деятельности в процессе обучения;
- недостаточное внимание к выявлению сущности математических знаний и процедур в

учебном процессе, слабая практико-ориентированность и прикладная направленность;

– недостаточная разработанность педагогических технологий, нацеленных на реализацию психодидактических закономерностей развития компонентов исследовательской деятельности в процессе обучения математике.

Вышеизложенное позволяет заключить, что актуальные проблемы преподавания математики в школе связаны с организацией и методическим обеспечением процесса развития исследовательской деятельности обучающихся на основе выстраивания в единую целостность мотивационных, экспериментальных и метакогнитивных стратегий поведения в ходе освоения математического содержания. Решение обозначенных проблем составляет *цель* настоящего исследования.

Обзор литературы

Разностороннему анализу проблемы развития исследовательской деятельности школьников посвящены многолетние работы педагогов и психологов, отражающие концептуальные, теоретико-методологические и процессуально-технологические основы ее решения [Богоявленская, 2002; Зимняя, 2001; Обухов, 2015; Поддьяков, 2006; Сгибнев, 2015; Webster, 2011]. Многоаспектное изучение исследовательской деятельности обусловило множественность подходов к определению данного феномена.

А. И. Савенков исследовательскую деятельность школьников понимает как «особый вид интеллектуально-творческой деятельности, порождаемый в результате функционирования механизмов поисковой активности и строящийся на базе исследовательского поведения» [Савенков, 2006, 47]. К наиболее существенным компонентам исследовательского поведения автор относит конвергентное (логические алгоритмы, анализ и синтез, суждения и умозаключения) и дивергентное (способность обнаруживать и формулировать проблему, генерировать большое количество идей ее решения, нетривиальный подход к оцениванию ситуации) мышление.

М. И. Старовиков характеризует исследовательскую деятельность школьника как особый вид его учебной деятельности, нацеленной на «овладение субъективно новым знанием, наиболее характерными и продуктивными для данной предметной области методами его получения и осуществляемой в соответствии с логико-методологическими нормами научного познания» [Старовиков, 2006].

Поскольку продуктом исследовательской деятельности являются не столько приобретенные знания, сколько способы познания, непосредственно воздействующие на интеллектуальное развитие личности, С. Н. Скарбич предлагает рассматривать учебно-исследовательскую деятельность как средство развития учащихся, стимулирования их познавательной активности, формирования способов реализации собственных творческих потенциалов [Скарбич, 2011].

На основе анализа психолого-педагогических исследований в данной работе мы придерживаемся следующей дефиниции понятия «учебно-исследовательская деятельность»: *активный, творческий процесс, протекающий в состоянии неопределенности, направленный на получение учащимся субъективно нового знания об окружающем мире посредством применения научного метода, а также на формирование новых личностных структур (научного мышления, научного мировоззрения, исследовательского опыта).*

Формирование и реализация исследовательского потенциала невозможны как без овладения базовым математическим содержанием, так и без доступа к расширенным информационным данным. Поиск информации активизирует процесс исследовательской деятельности и одновременно с этим приводит к расширению кругозора относительно реально происходящих явлений и процессов окружающего мира с усилением процессов погружения обучающегося в цифровую контекстно-поисковую среду. Исследовательские задания позволяют обучающемуся одновременно освоить суть анализируемого процесса, совокупность методов научного познания, уметь критически подходить к выбору параметров. У каждого начинающего исследователя имеются свои, индивидуализированные, подходы к поиску решения задач и проблематике моделирования процессов. Это не исключает искусного владения традиционными методами. Однако в исследовательской деятельности невозможно мыслить штампами. Всегда остаются индивидуальная когнитивная, информационно-знаниевая и личностная составляющие. Необходимо отметить, что структурирование процесса достижения цели и исследуемого явления при его анализе весьма разнятся, несмотря на то, что задействованы близкие когнитивные механизмы. Это необходимо учитывать при организационно-методическом обеспечении развития исследовательской деятельности школьников в гибридной интеллектуальной образовательной среде. Акцентируем внимание и на том факте, что иссле-

довательские умения не могут быть статичными. Поэтому разрабатываемый комплекс заданий исследовательского типа должен быть динамичен, расширяем и связан с поиском оптимальности решений.

Описывая структуру исследовательской деятельности, значительное число ученых особую роль в ней отводят *исследовательским умениям*, рассматривая их как сознательно выполняемые интеллектуальные операции по реализации исследовательской стратегии. В качестве обобщенных исследовательских умений выделяют анализ заданной ситуации, определение цели исследования, выдвижение гипотезы, планирование, анализ полученного решения. С позиции компетентностного подхода все перечисленные умения могут быть отнесены к категории основных *исследовательских компетенций* и выступать компонентами *исследовательской компетентности* – интегральной характеристики обучающегося, включающей знания, умения, способности, личностные качества, а также опыт в проведении исследования, получении нового интеллектуального продукта, создании нового проекта, нового решения проблемы.

Одно из направлений научного поиска средств и методов развития исследовательской деятельности включает постановку и решение проблем, преодоление ситуаций неопределенности, полифункциональности, множественности целей в ходе освоения сложного знания [Пригожин, 2017; Курдюмов, 1994; Утробин, 1994; Смирнов, 2019]. Согласно известному положению Л. С. Выготского, процесс эффективного развития личности идет вслед за процессом обучения, создающим зоны ближайшего развития [Зарецкий, 2003]. Интерпретация данного положения применительно к процессу обучения математике связана с разработкой, постановкой и решением серий математических задач, относящихся к категории исследовательских, творческих, нестандартных. Такие задачи требуют от решающего их субъекта поиска объяснения и доказательства закономерных связей и отношений экспериментально наблюдаемых или теоретически анализируемых фактов, явлений, процессов, в результате чего происходит «открытие» нового знания об объекте исследования, способа или средства деятельности.

По мнению Е. И. Смирнова, сензитивным периодом для актуализации процессов самоорганизации в ходе исследовательской деятельности является старшая ступень школы, поскольку для данного возраста характерна интеллектуальная

готовность к освоению многоступенчатых абстракций сложного знания, осмыслению и решению серии конкретных проблем математики как интегративных концентров актуальной информации, требующих применения комплекса математических методов и информационных технологий [Смирнов, 2019]. Таким образом, в качестве важного атрибута повышения уровня учебной мотивации и исследовательской культуры старшеклассников, овладения базовыми интеллектуальными операциями можно рассматривать включение их в деятельность по освоению сложных математических понятий и процедур, способствующую актуализации связей между наукой и школой.

В настоящее время значимое усиление внимания к проблеме развития исследовательской деятельности школьников и понимание ведущей роли математических дисциплин в формировании исследовательского опыта учащихся во многом складываются под влиянием международных научно-образовательных проектов, связанных с разработкой моделей исследовательского обучения математике (InnoMathEd, KeyCoMath, Mascil, Scientix2, Fibonacci и т. п.). Большинство подобных проектов объединяет идея привлечения к процессу учебного познания математических экспериментов и современных компьютерных технологий, что позволяет выстраивать модель исследовательского обучения математике в условиях масштабной цифровизации образования. Быстро развивающаяся цифровая образовательная среда требует системного обновления организационных форм обучения, в связи с чем внимание ученых сосредотачивается на разработке методологии управления учебно-познавательной деятельностью в автоматизированных обучающих системах.

Современные автоматизированные обучающие системы – сложные организационно-технические среды, обеспечивающие планирование, организацию и управление процессом обучения в ходе развертывания индивидуальных образовательных траекторий. Эволюция этих систем на основе современных достижений в педагогике, психологии и сфере информационных технологий привела к созданию интеллектуальных обучающих сред (ИОС), интегрирующих функции искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, нечеткой логики, экспертных систем и дающих возможность реализовать гибридный подход к обучению на основе синтеза математического и компьютерного моделирования содержания знаний и процедур, интерактивной обучающей и оценочной деятельности. Отличительной особенностью со-

временных ИОС является ориентация на собственный интеллектуальный потенциал учащегося, достигаемая следующей совокупностью качеств: наличие гибкого интерфейса, приближенного к естественно-языковому уровню; способность системы к самообучению на основе технологий распознавания и категоризации образов; высокая степень адаптированности, выражающаяся в способности группировать контингент обучающихся по кластерам индивидуальных характеристик, выстраивать параметрические модели обучаемых, отражающие особенности их когнитивного развития, осуществлять дифференциацию учебного материала, выстраивать индивидуальные траектории обучения, моделировать учебные ситуации. Все перечисленные атрибуты позволяют рассматривать гибридную интеллектуальную обучающую среду в качестве эффективного инструмента организации исследовательской деятельности школьников в процессе обучения математике.

Результаты исследования

Группой исследователей Елецкого государственного университета им. И. А. Бунина и Ярославского государственного педагогического университета им. К. Д. Ушинского [Dvoryatkina, 2021; Druzhinina, 2020; Smirnov, 2020] разработаны концепция и проект оболочки гибридной интеллектуальной обучающей среды (ИОС), обеспечивающей управление исследовательской деятельностью школьников в области математики. В авторской концепции ключевая роль в развитии личности школьника при обучении математике отводится деятельности по освоению сложного знания в ходе решения упорядоченных, образующих единую мотивационно-прикладную целостность комплексов исследовательских задач, в ходе которой выявляются свойства и характеристики обобщенных конструктов сущности базовых учебных элементов. При этом управление исследовательской деятельностью старшеклассников осуществляется с применением функционала гибридной ИОС, характеризующейся открытостью к внешним воздействиям и факторам, возможностью дифференциации обучения и обеспечения персонализированной обратной связи когнитивных процессов. Новаторство разработки, по сравнению с уже существующими ИОС, заключается в возможности реализации адаптивного обучения посредством

выстраивания индивидуальных образовательных траекторий, определяемых уровнем математической подготовки и психологических особенностей школьников.

Дадим краткую характеристику базовых функциональных модулей данной среды, взаимодействие которых представлено на рис. 1.

Компетентностно-ориентированная модель обучаемого базируется на результатах диагностики его квалитетических характеристик, проводимой посредством психодиагностических веб-тестов, позволяющих выявить «проблемные зоны» в знаниях и умениях. На основе полученной информации о личностных качествах, мотивах, исходных и целевых компетенциях, индивидуальном стиле обучения строится прогноз успеваемости, осуществляется персонализация образовательных ресурсов.

Адаптивная модель обучения включает совокупность моделей обучаемых, множество стратегий (планов) обучения и обучающих воздействий, а также функцию выбора (генерации) стратегий обучения. Используя оперативные данные о текущем состоянии процесса обучения, интеллектуальное ядро системы осуществляет прогноз достижимости целевых компетенций и из множества обучающих воздействий генерирует индивидуальный сценарий обучения, представляющий собой оптимальную для обучающегося последовательность учебных элементов, позволяющую преодолеть «проблемные зоны».

Многоуровневая модель предметной области формируется посредством выделения дидактических единиц (модулей) – структурированных, семантически законченные фрагменты математического содержания, представленных несколькими уровнями содержательной интерпретации, отличающимися степенью детализации и формой подачи материала. Основу каждого модуля составляет иерархическая система исследовательских практико-ориентированных задач, дифференцированных в соответствии с уровнями сложности элементов обобщенного конструкта математического знания. Фундирующие цепочки исследовательских задач, решаемых средствами математического и компьютерного моделирования, выступают предметно-содержательной базой для поэтапного развития у старшеклассников комплекса исследовательских умений (Таблица 1).

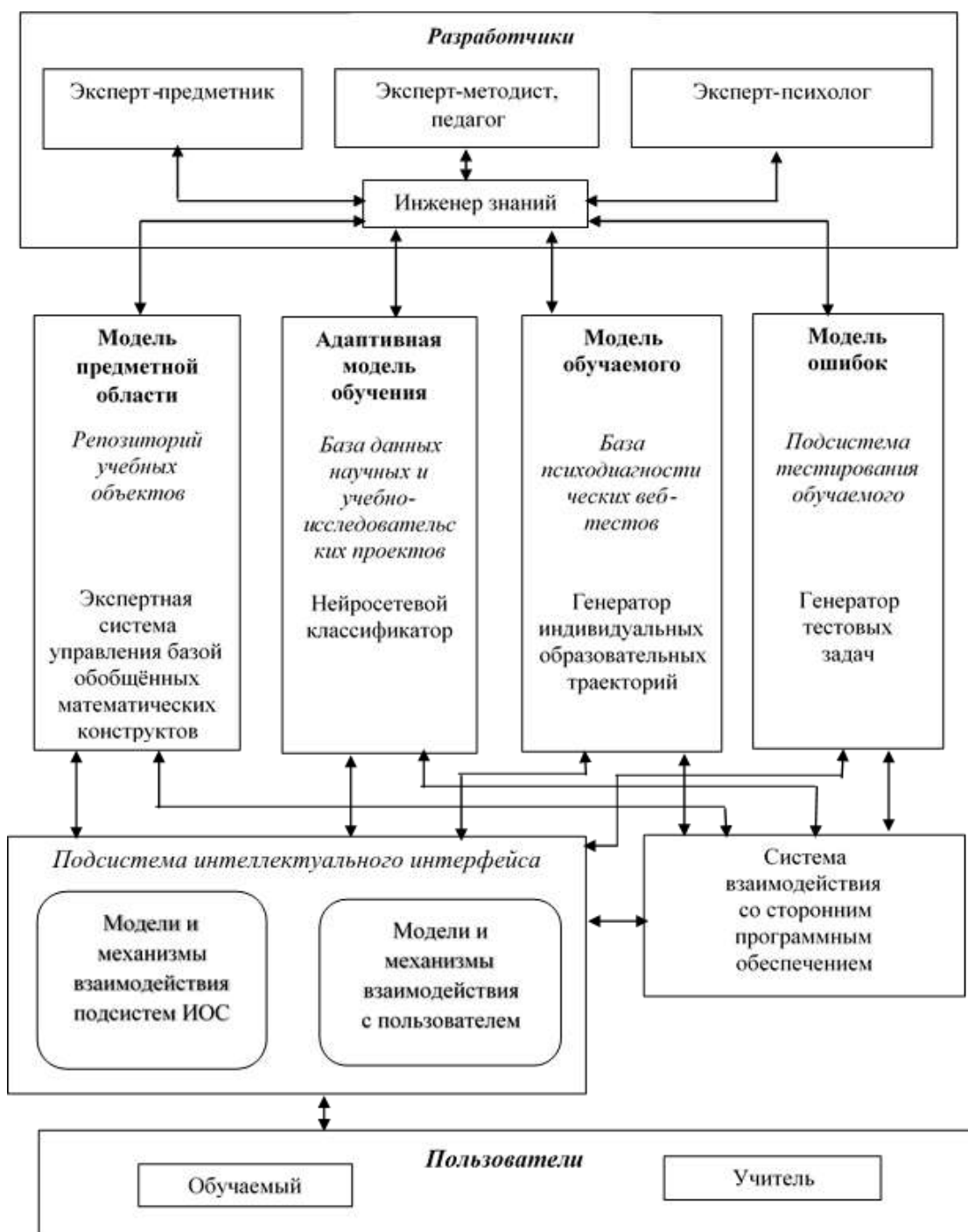


Рис. 1 Архитектура гибридной ИОС

Таблица 1

Характеристика этапов формирования исследовательских умений старшеклассников при обучении математике в ИОС

Этапы раскрытия сущности обобщенного конструкта сложного математического знания	Фундирующие процедуры в процессе построения дидактического поля учебных элементов	Формируемые исследовательские умения
1. Мотивационно-ценностный	актуализация базовых противоречий, приводящих к возникновению проблемного поля исследуемого математического объекта; сбор, представление и анализ данных; наглядное моделирование и компьютерный дизайн; анализ вариативности дефиниций, способов представления и условий существования объекта; историко-генетическое обоснование содержания математического знания	умение осуществлять сбор информации, проводить вероятностно-статистический, графический, математический анализ данных; умение переводить задачу на математический язык, подбирая готовую математическую модель или выстраивая новую
2. Ориентировочно-подготовительный	актуализация ранее усвоенных и антиципация будущих математических знаний; актуализация форм и методов научного познания на основе анализа образцов (эталонов) решения учебных проблем; выбор способов деятельности по раскрытию отдельных качеств исследуемого объекта; реализация эмпирических проб, поиск частных проявлений сущности исследуемого объекта; формулировка гипотез, анализ их адекватности, достоверности	умение анализировать условие заданной ситуации (оценивать необходимость и достаточность, непротиворечивость имеющихся данных, выявлять закономерности, проводить аналогии, выстраивать ассоциации); умение определять цель (выявлять противоречия, видеть проблему, превосходить результаты деятельности); умение выдвигать гипотезу, анализируя отношения неизвестного с известным
3. Процессуально-деятельностный	постановка исследовательской задачи и построение плана ее решения; выявление существенных связей и отношений исследуемого объекта, его базовых и вариативных характеристик; построение концептуальной, а затем математической модели исследуемого объекта; применение компьютерных средств поддержки решения (математических пакетов, систем компьютерной алгебры, web-приложений); освоение исследовательских процедур, методов и форм научного познания	умение планировать решение, определять условия реализации плана, выбирать приемы и методы решения, решать задачи в условиях неопределенности; умение доказывать, выстраивая индуктивные, дедуктивные рассуждения, аргументируя с опорой на определение, применяя метод от противного, метод исчерпывающих проб и др.; умение применять средства компьютерного моделирования к решению сложных математических задач
4. Оценочно-коррекционный	рефлексивный контроль деятельности; оценка методов и процедур деятельности, их модификация; самоанализ эффективности выбранной стратегии решения проблемы; обсуждение результатов, перевод диалога во внутренний план	умение подбирать контрпримеры, опровергающие неверное общее утверждение, а также подтверждающие примеры для доказательства частного утверждения; умение анализировать полученное решение (проводить анализ эффективности стратегий и методов решения, устанавливать соответствие результатов поставленным целям, интерпретировать полученный математический результат)
5. Обобщающе-преобразующий	выявление закономерностей, аналогий, ассоциаций, динамики исследуемых объектов; генерирование выводов, теоретические и эмпирические обобщения; варьирование условий и данных задачи, самостоятельная постановка новых задач, прогноз будущих проблем; перенос методов исследования в новую ситуацию; установление внутри- и межпредметных связей; поиск области реальных приложений, практико-ориентированность	умение осуществлять модификацию и интеграцию знаний и методов; умение представлять исследуемые процессы и явления в динамике, проводить теоретическое и эмпирическое обобщение

Проиллюстрируем построение фундирующей цепочки многоэтапных исследовательских заданий на примере актуализации сущности одного из обобщенных конструктов сложного знания – *предела функции*.

Предельные процессы находят отражение в различных областях реальной жизни – экономической, социальной, производственно-технической, понятие предела функции лежит в основе исследования физических, биологических, стохастических закономерностей, в конечном итоге, в основе

формирования мировоззрения человека. Освоение понятия «предел функции» имеет большое значение и для изучения школьной программы, и для успешного овладения курсом высшей математики в вузе, поскольку составляет фундаментальную базу дифференциального и интегрального исчисления, теории рядов. Ввиду значительной сложности и абстрактности данное понятие рассматривается в школе на описательном и наглядно-интуитивном уровне, в то время как организация исследовательской деятельности старшеклассников в интеллектуальной обучающей среде может способствовать более глубокому изучению этого феномена как базового учебного элемента «проблемной зоны» математического образования.

Технология освоения сущности понятия «предел функции» реализуется поэтапно.

Основная цель **мотивационно-ценностного этапа** – формирование положительной мотивации посредством создания ситуаций, раскрывающих историко-генетический аспект нового понятия. В этом плане актуальны задачи, возникающие из внутренних потребностей математики, предполагающие введение операции предельного перехода и иллюстрирующие ее на интуитивно-наглядном уровне. К таким задачам относятся, в частности, вычисление площадей криволинейных геометрических фигур и объемов геометрических тел *методом исчерпывания*, предложенного античным математиком Евдоксом Книдским (IV век до н. э.). Идея метода заключается в том, чтобы вписать в данную фигуру монотонную последовательность других фигур и доказать, что их площади (объемы) неограниченно приближаются к площади (объему) искомой фигуры.

Поскольку строгое определение предела функции довольно громоздко и трудно для восприятия школьниками, на **ориентировочно-подготовительном** этапе освоения сущности данного понятия широко используются средства наглядного моделирования (графики функций, табличные вычисления), обеспечивающие понимание обучающимися формулировок «*функция $f(x)$ стремится к b при x , стремящемся к a* » и «*предел функции $f(x)$ при x , стремящемся к a , равен b* ». В следующей серии задач школьникам предлагается определить характер стремления конкретных функций к определенным числовым значениям, не владея методами вычисления пределов.

Основная цель **процессуально-деятельностного этапа** – добиться формализованного понимания обучающимися определения

предела функции, представленного в двух интерпретациях:

На языке ε - δ (по Коши): *Число b называется пределом функции $y = f(x)$ при $x \rightarrow a$, если для любого $\varepsilon > 0$ существует $\delta > 0$, такое, что при всех $x \neq a$, удовлетворяющих неравенству $|x - a| < \delta$, выполняется неравенство $|f(x) - b| < \varepsilon$.*

На языке ε -окрестностей (по Гейне): *Число b называется пределом функции $y = f(x)$ при $x \rightarrow a$, если любая ε -окрестности точки b найдется такая δ -окрестности точки a , что для всех x из этой окрестности, кроме, быть может, самой точки a , значения функции $f(x)$ лежит в ε -окрестности точки b .*

Интерпретация определения предела по Коши осуществляется при решении практико-ориентированных задач, иллюстрирующих неограниченное приближение функции к некоторому постоянному значению.

Важным условием реализации **процессуально-деятельностного этапа** формирования исследовательских умений является создание ситуации интеллектуального напряжения, формирование у обучающихся поискового мотива, готовности к неопределенности, множественности решений проблемы. Этого возможно добиться, изменяя традиционные формулировки задач, внося в них элементы проблемности. В качестве примера можно представить задачи о первом замечательном пределе и его применении для вычисления площади круга.

Задачи и основная цель **оценочно-коррекционного этапа** предполагают количественный и качественный анализ действий по вычислению пределов, эмпирическую верификацию результатов средствами математического и компьютерного моделирования. Исследовательские задания, связанные с рассмотрением регулярных самоподобных фракталов, предоставляют школьнику большой простор для продвижений, уточнений, обобщений, для решения применяется множество методов.

Следует отметить, что математическое и компьютерное моделирование фрактала приводит обучающихся не только к пониманию понятия суммы бесконечно убывающей геометрической прогрессии, но и к осознанию важного математического факта: возрастающая и ограниченная сверху последовательность (в данном случае – последовательность площадей) сходится (имеет предел).

Целью **обобщающе-преобразующего этапа** является формирование умения осуществлять

обобщение, переносить ситуацию освоения сущности понятия предела функции на процессы моделирования. Широкие возможности в этом плане предоставляют приложения теории пределов к анализу экономических процессов.

Заключение

Разработка инновационных технологий обучения предполагает проектирование учебного процесса в единстве объектно-сущностного (приобретение опыта), процессуально-деятельностного (применение и преобразование опыта) и личностно-адаптационного (развитие интеллекта, личностных качеств) компонентов. Применительно к обучению математике важным условием освоения предметного содержания и личностного развития обучающихся становится актуализация сложного знания, реализация познавательных процедур на основе математического и компьютерного моделирования. Организация деятельности старшеклассников по решению комплекса исследовательских практико-ориентированных задач в условиях применения интеллектуальной обучающей среды может способствовать аккумулярованию предметных знаний в единую целостность, развитию интеллектуальной гибкости, операций мышления, установлению межпредметных связей, развитию способности к теоретическому и эмпирическому обобщению, формированию устойчивой мотивации. Предметом дальнейшего исследования может стать выделение уровней, критериев и показателей сформированности исследовательских умений школьников, создание диагностического инструментария для комплексной оценки эффективности разрабатываемой образовательной технологии.

Библиографический список

1. Богоявленская Д. Б. Психология творческих способностей : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Москва : Издательский центр «Академия», 2002. 320 с.
2. Зарецкий В. К. Зона ближайшего развития: о чем не успел написать Выготский // Культурно-историческая психология. 2007. Том. 3. № 3. С. 96-104.
3. Зимняя И. А. Исследовательская работа как специфический вид человеческой деятельности / И. А. Зимняя, Е. А. Шашенкова. Ижевск ; Москва : Типография Удмуртского университета, 2001. 105 с.
4. Князева Е. Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. Москва : Наука, 1994. 238 с.
5. Обухов А. С. Развитие исследовательской деятельности учащихся. Москва : Национальный книжный центр, 2015. 280 с.
6. Основные результаты российских учащихся в международном исследовании читательской, математической и естественно-научной грамотности PISA–2018 и их интерпретация / К. А. Адамович, А. В. Капуза, А. Б. Захаров, И. Д. Фрумин ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. Москва : НИУ ВШЭ, 2019. 28 с.
7. Поддьяков А. Н. Исследовательское поведение. Стратегии познания, помощь, противодействие, конфликт. Москва : Национальное образование, 2016. 304 с.
8. Пригожин И. Р. Познание сложного / И. Р. Пригожин, Г. Николис. Москва : Ленанд, 2017. 360 с.
9. Савенков А. И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению. Москва : Ось-89, 2006. 480 с.
10. Сгибнев А. И. Исследовательские задачи для начинающих. Москва : МЦНМО, 2015. 136 с.
11. Скарбич С. Н. Формирование исследовательских компетенций учащихся в процессе обучения решению планиметрических задач : учеб. пособие. Москва : ФЛИНТА, 2011. 194 с.
12. Смирнов Е. И. Технология адаптации сложного знания к обучению математике / Е. И. Смирнов, Е. А. Зубова // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2019. Том 14. № 2. С. 35-48.
13. Смирнов Е. И. Самоорганизации исследовательской деятельности студентов психологических профилей при обучении математике / Е. И. Смирнов, А. А. Соловьева // Ярославский педагогический вестник. 2019. Том 106. № 1. С. 70-78.
14. Старовиков М. И. Учебная исследовательская деятельность школьника: определение, место, и значение в учебном процессе // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2006. № 2. С. 96-116.
15. Утробин И. С. Категория сложности и конкретно-всеобщая теории развития // Новые идеи в философии. 1994. № 2. С. 56-68.
16. Webster C. M. and Kenney J. Embedding research activities to enhance student learning // International Journal of Educational Management. 2011. Vol. 25 No. 4. Pp. 361-377. <https://doi.org/10.1108/09513541111136649>
17. Dvoryatkina S. N., Zhuk L. V., Smirnov E. I., Shcherbatykh S. V. (2021). Didactic model of development of research activities of schoolchildren in a hybrid intellectual learning environment // Perspectives of Science and Education. 2021. Vol. 2(50). Pp. 278-292.
18. Druzhinina O. V., Masina O. N., Petrov A. A., Shcherbatykh S. V. Application of intelligent technologies and neural network modeling methods in the development of a hybrid learning environment // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1691/ doi:10.1088/1742-6596/1691/1/012125
19. Smirnov E., Dvoryatkina S., Shcherbatykh S. Parameters and structure of neural network databases for as-

assessment of learning outcomes // International Journal of Criminology and Sociology. 2020. Vol. 9. Pp. 1638-1648.

Reference list

1. Bogojavlenskaja D. B. Psihologija tvorcheskih sposobnostej = Psychology of creative abilities : ucheb. posobie dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. Moskva : Izdatel'skij centr «Akademija», 2002. 320 s.

2. Zareckij V. K. Zona blizhajshego razvitija: o chem ne uspel napisat' Vygotskij = Zone of immediate development: what Vygotsky did not have time to write about // Kul'turno-istoricheskaja psihologija. 2007. Tom. 3. № 3. S. 96-104.

3. Zimnjaja I. A. Issledovatel'skaja rabota kak specificheskij vid chelovecheskoj dejatel'nosti = Research work as a specific type of human activity / I. A. Zimnjaja, E. A. Shashenkova. Izhevsk ; Moskva : Tipografija Udmurtskogo universiteta, 2001. 105 s.

4. Knjazeva E. N. Zakony jevoljucii i samoorganizacii slozhnyh sistem = Laws of evolution and self-organization of complex systems / E. N. Knjazeva, S. P. Kurdjumov. Moskva : Nauka, 1994. 238 s.

5. Obuhov A. S. Razvitie issledovatel'skoj dejatel'nosti uchashhihsja = Development of students' research activities. Moskva : Nacional'nyj knizhnyj centr, 2015. 280 s.

6. Osnovnye rezultaty rossijskikh uchashhihsja v mezhdunarodnom issledovanii chitatel'skoj, matematicheskoi i estestvenno-nauchnoj gramotnosti PISA–2018 i ih interpretacija = The main results of Russian students in the international study of reading, mathematical and natural-scientific literacy PISA–2018 and their interpretation / K. A. Adamovich, A. V. Kapuza, A. B. Zaharov, I. D. Frumin ; Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaja shkola jekonomiki», Institut obrazovaniya. Moskva : NIU VShJe, 2019. 28 s.

7. Podd'jakov A. N. Issledovatel'skoe povedenie. Strategii poznaniya, pomoshh', protivodejstvie, konflikt = Research behavior. Strategies of knowledge, assistance, opposition, conflict. Moskva : Nacional'noe obrazovanie, 2016. 304 s.

8. Prigozhin I. R. Poznanie slozhnogo = Knowing the complex / I. R. Prigozhin, G. Nikolis. Moskva : Lenand, 2017. 360 s.

9. Savenkov A. I. Psihologicheskie osnovy issledovatel'skogo podhoda k obucheniju = Psychological foundations of the research approach to learning. Moskva : Os'-89, 2006. 480 s.

10. Sgibnev A. I. Issledovatel'skie zadachi dlja nachinajushhih = Research tasks for beginners. Moskva : MCNMO, 2015. 136 s.

11. Skarbich S. N. Formirovanie issledovatel'skikh kompetencij uchashhihsja v processe obuchenija resheniju planimetriceskikh zadach = Formation of students' research competencies in the process of training in solving planimetric problems : ucheb. posobie. Moskva : FLINTA, 2011. 194 s.

12. Smirnov E. I. Tehnologija adaptacii slozhnogo znaniya k obucheniju matematike = Technology for adapting complex knowledge to mathematics training / E. I. Smirnov, E. A. Zubova // Continuum. Matematika. Informatika. Obrazovanie. 2019. Tom 14. № 2. S. 35-48.

13. Smirnov E. I. Samoorganizacii issledovatel'skoj dejatel'nosti studentov psihologicheskikh profilej pri obuchenii matematike = Self-organization of research activities of students of psychological profiles in mathematics training / E. I. Smirnov, A. A. Solov'eva // Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. 2019. Tom 106. № 1. S. 70-78.

14. Starovikov M. I. Uchebnaja issledovatel'skaja dejatel'nost' shkol'nika: opredelenie, mesto, i znachenie v uchebnom processe = Educational research activities of the student: definition, place, and importance in the educational process // Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Serija: Informacionnye komp'yuternye tehnologii v obrazovanii. 2006. № 2. S. 96-116.

15. Utrobin I. S. Kategorija slozhnosti i konkretno-vseobshhaja teorii razvitija = Category of complexity and specific-universal theory of development // Novye idei v filosofii. 1994. № 2. S. 56-68.

16. Webster C. M. and Kenney J. Embedding research activities to enhance student learning // International Journal of Educational Management. 2011. Vol. 25. № 4. Pp. 361-377.

URL: <https://doi.org/10.1108/09513541111136649>

17. Dvoryatkina S. N., Zhuk L. V., Smirnov E. I., Shcherbatykh S. V. Didactic model of development of research activities of schoolchildren in a hybrid intellectual learning environment // Perspectives of Science and Education. 2021. Vol. 2(50). Pp. 278-292.

18. Druzhinina O. V., Masina O. N., Petrov A. A., Shcherbatykh S. V. Application of intelligent technologies and neural network modeling methods in the development of a hybrid learning environment // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1691/ doi:10.1088/1742-6596/1691/1/012125

19. Smirnov E., Dvoryatkina S., Shcherbatykh S. Parameters and structure of neural network databases for assessment of learning outcomes // International Journal of Criminology and Sociology. 2020. Vol. 9. Pp. 1638-1648.