

Научная статья

УДК 372.4

<https://doi.org/10.23951/2307-6127-2023-6-134-142>

Образовательные возможности виртуальных образовательных лабораторий: анализ сложившейся практики

Ольга Вячеславовна Алексеева¹, Наталья Викторовна Александрова²,
Татьяна Петровна Скворцова³

^{1, 2} Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,
Великий Новгород, Россия

³ Институт стратегии развития образования, Москва, Россия

¹ roolalex@ya.ru

² natalia_nov75@mail.ru

³ tanetchk-a@bk.ru

Аннотация

В процессе цифровизации образования накапливается новый опыт, совершенствуется методическое обеспечение образовательного процесса и формируется методологическая основа цифровой дидактики. Включение виртуальных образовательных лабораторий в учебный процесс диктуется особенностями цифровой образовательной среды, но сталкивается с некоторыми проблемами: недостаточной безопасностью виртуальной образовательной среды из-за отсутствия технических регламентов, отсутствием единого методологического подхода, несовершенством нормативной базы. Делается попытка обобщить и систематизировать опыт внедрения виртуальных образовательных лабораторий в систему школьного обучения. Анализируются подходы к определению понятия «виртуальная лаборатория» как средства, так и метода научного познания, основной чертой которого является безопасность интерактивной творческой экспериментальной деятельности. Предложена классификация виртуальных лабораторий по многомерности, имитационности, форме представления информации, свободе познавательного творчества, модальности восприятия. Обозначены требования к визуализации объектов в виртуальных образовательных лабораториях с учетом ведущего (визуального) канала восприятия современных школьников. Рассмотрены образовательные возможности и некоторые риски включения тактильного канала восприятия детей при обучении в виртуальных образовательных лабораториях. Рассмотрены виды процессов, которые можно моделировать в виртуальных лабораториях. Проведено исследование эффективности идентификации графических объектов различной сложности учениками начальных классов. На основе полученных данных разработаны принципы организации обучения в виртуальных образовательных лабораториях: имитации реальности, научности/достоверности данных, ответственного отношения (этики обучения в виртуальных образовательных лабораториях).

Ключевые слова: виртуальная образовательная лаборатория, классификация виртуальных образовательных лабораторий, идентификация графических объектов младшими школьниками, функциональная грамотность

Источник финансирования: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-10314, <https://rscf.ru/project/23-28-10314/>

Для цитирования: Алексеева О. В., Александрова Н. В., Скворцова Т. П. Образовательные возможности виртуальных образовательных лабораторий: анализ сложившейся практики // Научно-педагогическое обозрение (Pedagogical Review). 2023. Вып. 6 (52). С. 134–142. <https://doi.org/10.23951/2307-6127-2023-6-134-142>

Original article

Educational opportunities of virtual educational laboratories: analysis of current practice

Olga V. Alekseyeva¹, Natalya V. Aleksandrova², Tatyana P. Skvortsova³

^{1,2} Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russian Federation

³ Institute for Educational Development Strategy, Moscow, Russian Federation

¹ roolalex@ya.ru

² natalia_nov75@mail.ru

³ tanechk-a@bk.ru

Abstract

Digitalization of education allows accumulating new experience, improving the methodological support of the educational process and forming the methodological basis of digital didactics. The inclusion of virtual educational laboratories in the educational process is dictated by the peculiarities of the digital educational environment, but it faces some problems: insufficient security of the virtual educational environment due to the lack of technical regulations, lack of a unified methodological approach, imperfection of the regulatory framework. The authors of the study make an attempt to generalize and systematize the experience of introducing virtual educational laboratories into the school system. Approaches to the definition of the concept of “virtual laboratory” as a means and method of scientific knowledge, the main feature of which is the safety of interactive creative experimental activity, are analyzed. A classification of virtual laboratories according to multidimensionality, imitation, form of information presentation, freedom of cognitive creativity, modality of perception is proposed. The requirements for the visualization of objects in virtual educational laboratories are outlined, taking into account the leading (visual) channel of perception of modern schoolchildren. The educational opportunities and some risks of including the tactile channel of children’s perception when learning in virtual educational laboratories are considered. The types of processes that can be simulated in virtual laboratories are considered. A study was made of the effectiveness of identifying graphic objects of varying complexity by primary school students. On the basis of the data obtained, the principles of organizing training in virtual educational laboratories have been developed: the principle of imitation of reality, the principle of scientific character / reliability of data, the principle of a responsible attitude (ethics of training in virtual educational laboratories).

Keywords: virtual educational laboratory, classification of virtual educational laboratories, identification of graphic objects by younger schoolchildren, functional literacy

For citation: Alekseyeva O. V., Aleksandrova N. V., Skvortsova T. P. Educational opportunities of virtual educational laboratories: analysis of current practice [Obrazovatel’nye vozmozhnosti virtual’nykh obrazovatel’nykh laboratoriy: analiz slozhivsheysya praktiki]. *Nauchno-pedagogicheskoye obozreniye – Pedagogical Review*, 2023, vol. 6 (52), pp. 134–142. <https://doi.org/10.23951/2307-6127-2023-6-134-142>

Актуальность исследования образовательных возможностей виртуальных лабораторий связана с глобальным процессом цифровизации образования, а также с необходимостью осмысления опыта применения средств и технологий виртуальной реальности на различных уровнях образования с целью выявления принципов и условий их применения.

В педагогике за последние 30 лет накоплен большой опыт применения цифровых средств обучения, в том числе виртуальных лабораторий. Это нашло отражение в федеральных государственных образовательных стандартах, где закреплена необходимость включать виртуальные лаборатории в учебный процесс в качестве элемента электронной информационно-образовательной среды образовательной организации как средства обучения и особого учебно-методического материала.

Применение виртуальных лабораторий позволяет заменить устаревшее или дорогостоящее оборудование, повысить интерес учащихся к изучаемому материалу, повысить доступность и наглядность обучения за счет виртуального моделирования естественных процессов, а также приобщить школьников к решению интеллектуально-творческих и исследовательских задач.

Вместе с тем констатируется недостаточная концептуальная разработанность цифровой дидактики как нового направления педагогики, и в частности теории когнитивного развития обучающегося в цифровой среде.

В российском сегменте разработок VR и AR, адаптированных для внедрения в систему образования не так много. Флагманом этого направления является Московская электронная школа. В то же время не все московские школьники получают такой опыт обучения, не говоря уже о региональных. Наблюдается противоречие между целями национального проекта «Образование» по обеспечению реализации цифровой трансформации системы образования и реальной ситуацией в образовательных организациях, что обусловлено рядом причин: несовершенством нормативной базы, регулирующей применение технологий виртуальной реальности в образовательной деятельности; отсутствием технических регламентов, обеспечивающих безопасность обучения в виртуальной реальности; плюрализмом методологических подходов к определению понятий «виртуальная реальность», «дополненная реальность», «иммерсивная реальность».

Отметим, что в современной научной отечественной и зарубежной литературе до сих пор не сложилось единого понимания, что такое виртуальные лаборатории. В классическом понимании лаборатория понимается как отдел, то есть физическое место, где проводятся научные и технические опыты, экспериментальные исследования, анализы. В переносном смысле лабораторией называют некие действия, в результате или процессе которых возникают элементы творчества, поиск нового опыта или решения, которого еще не было в сознании субъекта этого поиска. Таким образом, в классическом определении подчеркивается возможность для лаборатории быть как средством, так и методом учебного или научного познания.

В то же время в известной литературе виртуальные лаборатории определяются и описываются, соглашаясь с понятием «лаборатории как места для экспериментов и опытов», т. е. только как средства, представляющего собой интернет-сайт, компьютерную программу (тренажер, симулятор), программно-аппаратный комплекс. Так, К. Турданов, А. Д. Палуанова, М. М. Ешбаева определяют виртуальную лабораторию как лабораторную установку с удаленным доступом, в которую входит как реальное лабораторное оборудование, так и программно-аппаратное обеспечение. Процессы, моделируемые в такой лаборатории, управляются через компьютер [1]. Т. В. Никулина, Е. Б. Стариченко, обобщая разные определения искомого понятия, отмечают, что зачастую к виртуальным лабораториям относят размещенный в сети Интернет разнообразный контент: сайты, задания и методические указания для проведения лабораторных работ, медиафайлы [2]. Усама, Бандар и др. дают системное определение виртуальным лабораториям как опытно-экспериментальным занятиям, предоставляющим возможность практиковаться с помощью компьютера. При этом рядом авторов отмечается доступность и мотивационная значимость применения виртуальных лабораторий в обучении, особенно в отношении абстрактных понятий [3].

Приведенные выше подходы к определению показывают, что виртуальные образовательные лаборатории могут быть не только средством, но и способом познания. Поэтому правильной считать под виртуальными образовательными лабораториями не только аппаратно-программный комплекс, но и процесс получения знания в безопасной интерактивной творческой экспериментальной деятельности.

Анализ существующих решений и исследований, посвященных различным вопросам применения виртуальных лабораторий в образовательной и научной деятельности, позволил разработать классификацию виртуальных лабораторий по таким основаниям, как многомерность, имитационность, форма представления информации, свобода познавательного творчества и модальность восприятия.

Так, по многомерности (объему) виртуальной реальности выделяются трехмерные (3D), двухмерные, плоскостные (2D). Виртуальные 2D-лаборатории лишены реализма и обеспечивают низкое погружение по сравнению с лабораториями, использующими 3D-графический интерфейс.

По имитационности выделяют симуляторы (программное обеспечение, имитирующие лабораторные опыты), дистанционные (реальные лабораторные установки с удаленным доступом) и гибридные виртуальные лаборатории. Все три вида виртуальных образовательных лабораторий могут быть одинаково эффективны в зависимости от поставленных образовательных задач.

По форме представления информации можно выделить текстовые виртуальные лаборатории (по сути – методички для проведения лабораторных работ), графические (в том числе фотографические), видео, трехмерную компьютерную графику и CGI (от англ. computer-generated imagery, букв. «изображения, созданные компьютером»).

С точки зрения свободы познавательного творчества виртуальные лаборатории бывают как предусматривающие строгое воспроизведение определенного набора опытов, так предоставляющие возможность свободного изучения моделируемых процессов.

По модальности ведущего канала восприятия информации виртуальные образовательные лаборатории могут быть разделены на аудиальные, визуальные, кинестетические, смешанные. Большинство существующих виртуальных образовательных лабораторий имеет визуальную модальность.

Последнее часто отмечается как преимущество виртуальных лабораторий как средства обучения, так как у современных школьников наблюдается приоритет визуального канала восприятия над всеми остальными.

Анализ рынка решений виртуальных лабораторий (STAR, Virtulab, Algodoo, PhET, Wolfram Demonstrations Project, Виртуальные лаборатории teachmen.ru, LateNiteLabs, Labshare, Labster, VirtualLabs, VR ChemistryLab, physlab, ROQED PhysicsLab, МЭШ и др.) показали большую вариативность моделируемых процессов и способов их представления. Большинство из рассматриваемых решений являются 2D-решениями, позволяют просматривать различные опыты, реже – оперировать с моделью самостоятельно. Следует отметить, что большинство приложений разрабатывается для предметов естественно-научного цикла. В них представлены химические опыты, лабораторные работы, иллюстрирующие законы физики, симуляторы микробиологических лабораторий и др. Социально-гуманитарные дисциплины остаются зачастую за рамками цифровизации образования.

Как уже отмечалось выше, многие виртуальные лаборатории направлены на работу с визуальной информацией, поэтому рассмотрим особенности зрительного восприятия, которые следует учитывать при работе с виртуальными лабораториями при обучении детей младшего школьного возраста.

Одним из необходимых условий успешного обучения младших школьников является умение идентифицировать изучаемые объекты. Идентификация изучаемых объектов – довольно распространенная операция в процессе наблюдений, а способность к идентификации является одним из проявлений наблюдательности. Причем дети могут проявлять адаптивные и гибкие стратегии перцептивной обработки сложных натуралистических изображений [4].

Умение идентифицировать графические объекты является необходимым условием узнавания изучаемых объектов, а также осуществления самоконтроля и самооценки в различных видах деятельности, например, изобразительной. Визуальная сложность наблюдаемых объектов (фигуры, формы, знаки, графемы и их сочетание) влияет на производительность при чтении и других задачах визуального различения. Меньшая визуальная сложность коррелирует с более легким обучением, обработкой и использованием визуального опыта.

Нами было проведено исследование эффективности идентификации графических объектов различной сложности учениками начальных классов. Для оценки умения идентифицировать графические объекты были использованы задания, в которых учащимся требовалось узнать идентичные объекты среди нескольких похожих [5]. Задания были разделены на серии различной сложности. В первой были рисунки, состоящие из одного элемента, во второй – из двух и т. д. Наиболее сложной была шестая серия заданий, в которой необходимо было идентифицировать рисунок из шести

элементов. Тестирование учащихся проходило в начале учебного года. Всего был обследован 281 учащийся школ Великого Новгорода (1–3 класс). Также в ходе эксперимента учащимся предлагались задания на выделение отличительных признаков между изображениями, запоминание графических объектов и решение теста Равена. Результаты выполнения младшими школьниками заданий на идентификацию и выделение отличий между изображениями приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Эффективность идентификации графических объектов

Класс	Количество испытуемых, чел.	Эффективность идентификации идентичных графических объектов, %	Ошибка средней арифметической (m1)	Эффективность выделения отличительных признаков графических объектов, %	Ошибка средней арифметической (m2)
1	53	33,2	0,01	0,302	0,02
2	117	64,9	0,02	0,523	0,02
3	111	70,8	0,01	0,664	0,02

Таблица 2

Взаимосвязь между показателями идентификации графических объектов, запоминания и логического мышления (n = 281)

	Эффективность идентификации идентичных графических объектов	Эффективность выделения отличительных признаков графических объектов	Воспроизведение объектов по памяти	Уровень развития логического мышления (Тест Равена)
Эффективность идентификации идентичных графических объектов	—	0,51	0,40	0,57
Эффективность выделения отличительных признаков графических объектов	0,51	—	0,53	0,46
Воспроизведение объектов по памяти	0,40	0,53	—	0,28
Уровень развития логического мышления (Тест Равена)	0,57	0,46	0,28	—

Как видно из данных табл. 1, в процессе обучения происходят значительные улучшения зрительного восприятия. Следует отметить высокий темп развития у учащихся первого класса умения идентифицировать одинаковые изображения в ряду сходных и постепенное снижение к третьему. Аналогичной динамикой характеризуется и эффективность выделения отличительных признаков, определяемая на визуально-графическом материале. Вместе с тем идентификация визуально-графических объектов с пятью переменными признаками остается достаточно сложной даже для третьеклассников. Отметим, что и при выделении отличий изображений никто из детей не смог найти их свыше 15.

Эффективность выполнения заданий учениками зависела от сложности количества переменных признаков у изображений. Наиболее легким для учащихся являлось опознание одно- и двух-элементных изображений, в которых учащиеся вторых и третьих классов не допускали ошибок, а из первоклассников ошибались не более 7,5 % детей. При увеличении сложности изображений за счет включения большего количества элементов эффективность резко падала, в особенности у первоклассников.

Определение взаимосвязи между показателями эффективности идентификации и выделения отличительных признаков графических объектов, а также показателями зрительной памяти и логического мышления производилась с помощью определения коэффициента линейной корреляции Спирмена.

Исследование показало, что между показателями эффективности идентификации графических объектов и эффективностью выделения отличительных признаков на графическом материале имеется прямая средняя статистическая взаимосвязь ($r = 0,51$).

Интересно, что прямая средняя взаимосвязь наблюдается для показателей эффективности идентификации графических объектов и уровня развития логического мышления, определяемого по тесту Равена ($r = 0,57$), в то время как эффективность определения отличительных признаков графических объектов оказывается больше взаимосвязана с показателями зрительной памяти ($r = 0,53$).

Проведенное исследование позволяет сделать выводы как о необходимости проведения систематической работы по выделению сходных и отличительных признаков, а также распознаванию одинаковых визуальных объектов в среде сходных. Несформированность идентификации графических объектов у выпускников начальной школы может привести к ошибкам восприятия при работе в виртуальной среде, когда один похожий объект ошибочно принимается за другой. Преодоление данных трудностей возможно как за счет систематических упражнений, так и за счет включения других каналов восприятия: тактильного, моторного познания и речи. Что может быть реализовано в виртуальных образовательных лабораториях.

Виртуальная среда погружает ученика в дополнительное визуальное пространство, в котором можно наблюдать такие явления и законы физики и химии, которые невидимы в реальном мире. Слуховой и зрительный каналы восприятия, как отмечалось выше, активно задействованы в большинстве виртуальных лабораторий. Однако потенциал тактильного восприятия в виртуальной среде велик. Подключение тактильного восприятия наряду со зрительным и слуховым производится за счет использования специальных перчаток [6] или за счет воздушной сенсорной стимуляции [7].

Y. Walsh, A. Magana, T. Yuksel экспериментально доказали, что учащиеся испытывают некоторые затруднения при изучении в виртуальной лаборатории предметов без опоры на кинетическое восприятие. Авторы отмечают, что при изучении объектов только в виртуальных лабораториях школьники испытывают затруднения с пониманием таких свойств, как плотность и вес, масса и площадь поверхности, мягкость и гладкость [8]. В то же время специалистами Национальной ключевой программы исследований и разработок Китая было доказано, что включение кинетического восприятия в работу виртуальной лаборатории возможно. Авторами было разработано и апробировано в среде китайских подростков образовательное приложение с тактильным устройством – Nuply, работа с которым сказалась на повышении эффективности образовательного процесса [9]. Передача структуры материалов, масштаба, температуры, влажности, атмосферы места, запахов и звуков за счет новейших технологий способствует повышению мотивации у обучающихся, а также позволяет получить опыт, который в реальности получить было бы невозможно [10]. Таким образом, можно говорить о возможности и необходимости расширения сенсорного опыта детей при использовании виртуальных лабораторий.

Приведенные результаты исследований и анализ научных работ позволяют сформулировать основные принципы обеспечения безопасности и эффективности образовательной среды виртуальной образовательной лаборатории.

Принцип имитации реальности. Ученик не может быть простым наблюдателем, он находится во взаимодействии с объектами познания в виртуальной образовательной лаборатории, чем более реалистично и синхронно данное взаимодействие (многомерность пространства, быстрый отклик на действия ученика, включение разных каналов восприятия одновременно и т. п.), тем убедительнее происходит усвоение представленного учебного материала.

Принцип научности данных, получаемых в процессе обучения в виртуальной образовательной лаборатории. Он означает, что экспериментальные данные, генерируемые виртуальными лабораториями, подкрепляются математическими моделями. Таким образом, к концу конкретного эксперимента учащимся предоставляются правдоподобные экспериментальные данные для дальнейшей обработки и анализа. Данный принцип предъявляет высокие требования к точности математических моделей, лежащих в основе разрабатываемых виртуальных лабораторий.

Принцип ответственного отношения (этики обучения в виртуальных образовательных лабораториях) к подготовке темы и способов обучения означает, что группа разработчиков и учитель несут ответственность не только за научную составляющую содержания виртуальной образовательной лаборатории, но и за соблюдение этических требований к предоставленной в ней информации.

Проведенное исследование показало, что виртуальные образовательные лаборатории обладают большим потенциалом для изучения различных объектов, их свойств и закономерностей. В то же время представленные решения позволяют школьникам изучать сложные темы предметов естественно-научного цикла. При работе с младшими школьниками в виртуальной лаборатории следует ограничивать количество одновременно воспринимаемых признаков, в противном случае учащиеся, имеющие недостаточно высокий уровень развития мышления или зрительной памяти, будут затрудняться в их идентификации. Следует транслировать объекты одного класса как можно более условно, акцентируя внимание детей на основных изучаемых свойствах. В то же время при специальной организации образовательного процесса с использованием виртуальных образовательных лабораторий и разработке обучающих заданий, направленных на развитие наблюдательности детей и умения идентифицировать графические (визуальные) объекты, может значительно улучшиться как восприятие детей, так и эффективность образовательного процесса. Расширение модальностей восприятия за счет вовлечения в учебно-познавательный процесс не только визуального, но и кинестетического канала восприятия позволяет облегчить обучающимся изучение сложных естественно-научных явлений.

Выделенные в статье принципы необходимо учитывать при разработке образовательных продуктов, а также при их отборе педагогом в качестве учебно-методического обеспечения учебного процесса.

Список источников

1. Турданов К., Палуанова А. Д., Ешбаева М. М. Особенности виртуальных лабораторий // *ReFocus*. 2023. № 2. С. 124–127. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-virtualnyh-laboratoriy> (дата обращения: 22.03.2023).
2. Никулина Т. В., Стариченко Е. Б. Виртуальные образовательные лаборатории: принципы и возможности // *Педагогическое образование в России*. 2016. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnye-obrazovatelnye-laboratorii-printsipy-i-vozmozhnosti> (дата обращения: 23.03.2023).
3. Ibrahim U. M., Alsaif B. S., Alblaihed M., Ahmed S. S.I., Alsharif H. A., Abdulkader R. A., Diab H. M. Interaction between cognitive styles and genders when using virtual laboratories and its influence on students of health college's laboratory skills and cognitive load during the Corona pandemic // *Heliyon*. 2022. Vol. 8, № 4. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09213> (дата обращения: 30.03.2023).
4. Schlegelmilch K., Wertz A. E. Grass and gravel: Investigating visual properties preschool children and adults use when distinguishing naturalistic images // *Cognitive Development*. 2023. Vol. 66. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2023.101324> (дата обращения: 30.03.2023).
5. Масленников В. А. Развитие интеллектуальных способностей младших школьников. Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2004. 240 с.
6. Liu H., Zhang Z., Jiao Z., Zhang Zh., Li M., Jiang Ch., Zhu Y., Zhu S.-Ch., A reconfigurable data glove for reconstructing physical and virtual grasps // *Engineering*. 2023. P. 1–29. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.01.009> (дата обращения: 23.03.2023).

7. Perquin M. N., Taylor M., Lorusso J., Kolasinski J. Directional biases in whole hand motion perception revealed by mid-air tactile stimulation // *Cortex*. 2021. Vol. 142. P. 221–236. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.03.033> (дата обращения: 23.03.2023).
8. Walsh Y., Magana A., Yuksel T., Krs V., Ngambeki I., Berger E., Benes B. Board # 39: Identifying Affordances of Physical Manipulative Tools for the Design of Visuo-haptic Simulations. (2017). doi: 10.18260/1-2—27845.
9. Zhuoluo M. A., Liu Y., Zhao L. Effect of haptic feedback on a virtual lab about friction // *Virtual Reality & Intelligent Hardware*. 2019. Vol. 1 (4). P. 428–434 doi: 10.1016/j.vrih.2019.07.001
10. Глоба А. Гибридная модель для вовлечения студентов в практические онлайн-занятия // *Вопросы образования / Educational Studies Moscow*. 2022. № 3. С. 7–35. doi: 10.17323/1814-9545-2022-3-7-35

References

1. Turdanov K., Paluanova A. D., Yeshbayeva M. M. Osobennosti virtual'nykh laboratoriy [Features of virtual laboratories]. *ReFocus*, 2023, no. 2, pp. 124–127 (in Russian). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-virtualnyh-laboratoriy> (accessed 22 March 2023).
2. Nikulina T. V., Starichenko Ye. B. Virtual'nyye obrazovatel'nyye laboratorii: printsipy i vozmozhnosti [Virtual educational laboratories: principles and possibilities]. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii – Pedagogical education in Russia*, 2016, no. 7 (in Russian) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnye-obrazovatelnye-laboratorii-printsipy-i-vozmozhnosti> (accessed 23 March 2023).
3. Ibrahim U. M., Alsaif B. S., Alblaihed M., Ahmed S. S. I., Alsharif H. A., Abdulkader R. A., Diab H. M. Interaction between cognitive styles and genders when using virtual laboratories and its influence on students of health college's laboratory skills and cognitive load during the Corona pandemic. *Heliyon*, 2022, vol. 8, no. 4, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09213> (accessed 30 March 2023).
4. Schlegelmilch K., Wertz A. E. Grass and gravel: Investigating visual properties preschool children and adults use when distinguishing naturalistic images. *Cognitive Development*, 2023. vol. 66. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2023.101324> (accessed 30 March 2023).
5. Maslennikov V. A. *Razvitiye intellektual'nykh sposobnostey mladshikh shkol'nikov* [Development of intellectual abilities of younger schoolchildren]. Veliky Novgorod, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University Publ., 2004. 240 p. (in Russian).
6. Liu H., Zhang Z., Jiao Z., Zhang Zh., Li M., Jiang Ch., Zhu Y., Zhu S.-Ch. A reconfigurable data glove for reconstructing physical and virtual grasps. *Engineering*, 2023. Pp. 1–29. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.01.009> (accessed 23 March 2023).
7. Perquin M. N., Taylor M., Lorusso J., Kolasinski J. Directional biases in whole hand motion perception revealed by mid-air tactile stimulation. *Cortex*, 2021, vol. 142, pp. 221–236. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.03.033> (accessed 23 March 2023).
8. Walsh Y., Magana A., Yuksel T., Krs V., Ngambeki I., Berger E., Benes B. Board # 39: *Identifying Affordances of Physical Manipulative Tools for the Design of Visuo-haptic Simulations*, 2017. doi: 10.18260/1-2—27845
9. Zhuoluo M. A., Liu Y., Zhao L. Effect of haptic feedback on a virtual lab about friction. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2019, vol. 1 (4), pp. 428–434. doi: 10.1016/j.vrih.2019.07.001
10. Globa A. Gibrinaya model' dlya vovlecheniya studentov v prakticheskiye onlayn-zanyatiya [Hybrid Model for Tutorial Engagement]. *Voprosy obrazovaniya – Educational Studies Moscow*, 2022, no. 3, pp. 7–35 (in Russian). doi: 10.17323/1814-9545-2022-3-7-35.

Информация об авторах

Алексеева О. В., кандидат педагогических наук, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого (Санкт-Петербургская, 41, Великий Новгород, Россия, 173021).
E-mail: roolalex@ya.ru

Александрова Н. В., кандидат психологических наук, доцент, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого (Санкт-Петербургская, 41, Великий Новгород, Россия, 173021).
E-mail: natalia_nov75@mail.ru

Скворцова Т. П., кандидат педагогических наук, Институт стратегии развития образования (ул. Жуковского, 16, Москва, Россия, 101000).

E-mail: tanechk-a@bk.ru

Information about the authors

Alekseeva O. V., Candidate of Pedagogical Sciences, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University (ul. B. St-Peterburgskaya, 41, Veliky Novgorod, Russian Federation, 173021).

E-mail: roolalex@ya.ru

Aleksandrova N. V., Candidate of Psychological Sciences, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University (ul. B. St-Peterburgskaya, 41, Veliky Novgorod, Russian Federation, 173021).

E-mail: natalia_nov75@mail.ru

Skvortsova T. P., Candidate of Pedagogical Sciences, Institute for Educational Development Strategy (ul. Zhukovskogo, 16, Moscow, Russian Federation, 101000).

E-mail: tanechk-a@bk.ru

Статья поступила в редакцию 01.09.2023; принята к публикации 30.10.2023

The article was submitted 01.09.2023; accepted for publication 30.10.2023