



УДК 316.77:39

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО  
ВОЗРАСТА: ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВЫХ И КОНСТРУКТОРСКИХ СРЕД

**Любченко О.А.**

*кандидат педагогических наук*

*доцент департамента педагогики*

*институт педагогики и психологии образования*

*ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»*

*г. Москва*

[LubchenkoOA@mgpu.ru](mailto:LubchenkoOA@mgpu.ru)

**Маринюк А.А.**

*кандидат исторических наук*

*доцент департамента методики обучения*

*институт педагогики и психологии образования*

*ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»*

*г. Москва*

[MarinyukAA@mgpu.ru](mailto:MarinyukAA@mgpu.ru)

**Серебренникова Ю.А.**

*кандидат педагогических наук*

*доцент департамента методики обучения*

*институт педагогики и психологии образования*

*ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»*

*г. Москва*

[SerebrennikobaYUA@mgpu.ru](mailto:SerebrennikobaYUA@mgpu.ru)

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема формирования у младших школьников первоначальных представлений об индустриальных процессах генерации энергии. Актуальность исследования обусловлена необходимостью ранней профориентации и развития интереса к инженерно-техническим специальностям в условиях цифровой трансформации образования. Целью работы является теоретическое обоснование и экспериментальная проверка педагогических возможностей интеграции цифровых приложений-песочниц с кубической графикой и конструкторских наборов LEGO Education в процессе формирования представлений об энергетических процессах у обучающихся начальной школы. В статье представлен анализ дидактического потенциала указанных средств, описана авторская методика их использования, приведены результаты педагогического эксперимента, подтверждающие эффективность предложенного подхода. Материалы статьи могут быть полезны учителям начальных классов, педагогам дополнительного образования, исследователям в области цифровой дидактики и STEM-образования.*

***Ключевые слова:** младшие школьники, индустриальные процессы, генерация энергии, познавательный интерес, цифровые образовательные среды, приложения-песочницы, LEGO Education, STEM-образование, ранняя профориентация, педагогический эксперимент.*

FORMATION OF REPRESENTATIONS ABOUT INDUSTRIAL ENERGY  
PROCESSES IN CHILDREN OF PRIMARY SCHOOL AGE: OPPORTUNITIES  
OF DIGITAL AND DESIGN ENVIRONMENTS

**Lubchenko O.A.**

*Candidate of Pedagogical Sciences  
Associate Professor of the Department of Pedagogy  
Institute of Pedagogy and Psychology of Education  
Moscow City Pedagogical University*

*Moscow*

[LubchenkoOA@mgpu.ru](mailto:LubchenkoOA@mgpu.ru)

**Marinyuk A.A.**

*Candidate of Historical Sciences*

*Associate Professor of the Department of Teaching Methods*

*Institute of Pedagogy and Educational Psychology*

*Moscow City University of Education*

*Moscow*

[MarinyukAA@mgpu.ru](mailto:MarinyukAA@mgpu.ru)

**Serebrennikova Yu.A.**

*Candidate of Pedagogical Sciences*

*Associate Professor of the Department of Teaching Methods*

*Institute of Pedagogy and Educational Psychology*

*Moscow City University of Education*

*Moscow*

[SerebrennikobaYUA@mgpu.ru](mailto:SerebrennikobaYUA@mgpu.ru)

**Abstract.** *The article discusses the problem of forming initial ideas about industrial energy generation processes in primary school students. The relevance of the study is due to the need for early career guidance and the development of interest in engineering and technical specialties in the context of digital transformation of education. The purpose of the work is to provide a theoretical justification and experimental verification of the pedagogical possibilities of integrating digital sandbox applications with cubic graphics and LEGO Education construction sets in the process of forming ideas about energy processes in primary school students. The article presents an analysis of the didactic potential of these tools, describes the author's methodology for their use, and provides the results of a pedagogical experiment that confirms the effectiveness of the proposed approach. The materials of the article can be useful for primary school teachers, teachers of additional education, researchers in the field of digital didactics and STEM education.*

***Keywords:** junior school students, industrial processes, energy generation, cognitive interest, digital educational environments, sandbox applications, LEGO Education, STEM education, early career guidance, pedagogical experiment.*

## **Введение**

Современный этап развития образования характеризуется усилением внимания к ранней профориентации и формированию у обучающихся интереса к инженерно-техническим специальностям. Внедрение STEM-подхода в начальную школу требует поиска таких средств обучения, которые, с одной стороны, соответствуют возрастным особенностям младших школьников (наглядно-действенное мышление, игровая мотивация), а с другой – позволяют моделировать сложные технологические процессы, лежащие в основе современной промышленности. Одним из перспективных направлений решения данной задачи выступает использование цифровых сред, объединяющих игровую привлекательность и содержательную глубину. В частности, приложения-песочницы с кубической графикой, дополненные специализированными модификациями, такими как Industrial Craft 2, открывают возможности для доступного и увлекательного знакомства младших школьников с основами инженерии, энергетики и автоматизации.

Фундаментальным условием функционирования любого промышленного производства является наличие энергетической базы: проектирование любой инженерно-технологической цепочки начинается с расчета и генерации энергии, достаточной для запуска производственных процессов, их последующего масштабирования или технологической трансформации (Громыко, 2025). Данное положение определяет логику отбора содержания для формирования у младших школьников первичных представлений об индустриальных процессах. В рамках реализации предлагаемого подхода знакомство с основами энергетики целесообразно начинать с освоения раздела «Генерация энергии» в модификации Industrial Craft 2, функционирующей в среде приложения-песочницы с кубической графикой. Именно этот этап позволяет в наглядно-действенной форме продемонстрировать учащимся зависимость производства от

энергоресурсов и способы их получения.

### **Постановка проблемы**

Однако, как показывают исследования в области детской психологии и педагогики, виртуальное моделирование технических процессов не может полностью заменить тактильный опыт конструирования. Популярность и высокая рейтинговая оценка игр в формате «песочниц» сопоставимы с интересом детей к работе с наборами Lego, что создает предпосылки для органичной интеграции цифровых и материальных средств обучения. В связи с этим, разработанная методика предполагает, что виртуальное моделирование энергетических процессов в Industrial Craft 2 должно подкрепляться практической деятельностью по созданию действующих инженерных конструкций с использованием образовательных наборов Lego Education. Такая интеграция позволяет реализовать принцип полисенсорного обучения, сочетая абстрактно-символическое моделирование в цифровой среде с конкретно-действенным конструированием, что соответствует возрастным особенностям познавательной деятельности младших школьников и способствует более прочному формированию представлений об изучаемых явлениях.

### **Результаты исследования**

В процессе формирования у младших школьников представлений об индустриальных энергетических процессах целесообразно выстраивать обучение по принципу сопряженного моделирования: сначала осуществляется виртуальная симуляция процесса в цифровой среде, а затем его практическое закрепление с использованием конструкторских решений. Рассмотрим реализацию данного принципа на примере изучения *угольной генерации энергии* как одного из базовых технологических процессов, доступных для освоения в модификации Industrial Craft 2.

Виртуальное моделирование данного процесса в приложении-песочнице с кубической графикой требует от учащихся последовательного выполнения ряда технологических операций. На начальном этапе создается железная печь (путем модификации штатной каменной печи с использованием листов проката железа).

Далее изготавливается элемент генерации и преобразования электромагнитного поля, для создания которого на верстаке необходимы: оловянная оболочка (производимая из оловянного прокатного листа), изолированный оловянный провод и красная пыль. Сборка генератора тепловой электростанции осуществляется на верстаке посредством комбинирования трех компонентов: железной печи, элемента генерации и железных пластин, образующих корпус. Созданный генератор в условиях цифровой симуляции вырабатывает 10 единиц энергии за один программный такт (интервал, зависимый от частоты процессора рабочей станции). В качестве топлива для виртуальной тепловой электростанции могут использоваться различные горючие материалы, эффективность которых дифференцирована: угольный блок производит 40 000 единиц энергии, коксовый уголь (добавленный модификацией Railcraft) – 16 000 единиц, торф – 5 000 единиц, уголь и древесный уголь – по 4 000 единиц, блоки, содержащие древесину, – 750 единиц, шанцевый инструмент – 500 единиц, саженьцы и палки – по 250 единиц, растения и биомасса (кактус, тростник) – по 120 единиц.

Параллельно с виртуальным моделированием, для формирования более полного и осмысленного представления о физических принципах генерации электроэнергии, необходимо организовать практическую деятельность с использованием наборов Lego Education. Учащимся предлагается собрать модель, демонстрирующую преобразование механической энергии в электрическую. Для этого используются следующие компоненты: простой мотор из набора Lego, выступающий в данном случае в роли генератора; шестерня с ручкой; вал мотора; лампы Lego. Лампы подключаются к проводам мотора (для коммутации может потребоваться сторонний или самодельный переходник). В муфту мотора помещается вал, на противоположный конец которого устанавливается шестерня-ручка. При вращении вала рукой генерируется электрический ток, благодаря чему лампы загораются. В ходе данного практикума учитель объясняет учащимся принцип возникновения электромагнитного поля и его преобразования в электрическую энергию. Важным методическим приемом является постановка проблемного вопроса:

ученикам предлагается самостоятельно предложить способы усовершенствования собранного механизма, используя доступные детали наборов Lego Education, что стимулирует развитие инженерного мышления и творческой инициативы.

Принципиальное значение имеет разъяснение учащимся условности и упрощенности виртуального моделирования в песочнице с кубической графикой. Для формирования адекватных научных представлений педагогу необходимо соотносить игровые модели с реальными промышленными процессами. Так, при изучении угольной генерации следует подробно остановиться на технологическом цикле работы тепловой электростанции. В реальном мире топливо (например, уголь) измельчается в пыль для обеспечения максимальной полноты сгорания, затем угольная пыль сжигается в камере под котлом, выделяя тепловую энергию, которая нагревает воду в трубах котла до образования пара высокого давления. Пар поступает на лопасти паровой турбины, приводя ее во вращение (Ганичева, Каитов, Львова, Любченко, Маринюк, Серебренникова, 2018). Турбина, в свою очередь, вращает вал электрогенератора, преобразующего механическую энергию в электрическую. Завершающим этапом цикла является конденсация отработанного пара, который охлаждается, вновь превращается в воду и возвращается в котел для повторного использования. Закреплению материала и стимулированию познавательного интереса способствует знакомство учащихся с реальными объектами энергетики, такими как Сургутская ГРЭС-2 (крупнейшая тепловая электростанция в России) и Сургутская ГРЭС-1 (работающая на твердом топливе). Обращение к конкретным примерам из отечественной промышленности не только расширяет кругозор школьников, но и способствует формированию устойчивого интереса к инженерным специальностям и энергетической отрасли в целом.

Формирование целостных представлений об индустриальных энергетических процессах у младших школьников предполагает не только знакомство с традиционной (угольной) генерацией, но и освоение спектра

альтернативных источников энергии, что соответствует актуальным тенденциям развития мировой энергетики и задачам экологического образования. В модификации Industrial Craft 2, функционирующей в среде приложения-песочницы с кубической графикой, представлен широкий арсенал возобновляемых источников энергии, моделирующих реальные технологические решения: *солнечные панели* (фотоэлектрические преобразователи), *гидрогенераторы* (преобразующие энергию водного потока), *геотермальные генераторы* (использующие тепловую энергию недр), а также экспериментальные и узкоспециализированные устройства, такие как генератор Стирлинга и кинетический генератор.

Рассмотрим дидактические возможности изучения солнечной энергетики как наиболее доступного для наглядного моделирования вида альтернативной генерации. Солнечные панели представляют собой устройства, состоящие из множества кремниевых фотоэлементов (как правило, от 30 до 150 ячеек), преобразующих энергию света (фотонов) в постоянный электрический ток. Физический принцип действия основан на явлении фотоэффекта: фотоны выбивают электроны из поверхностного слоя вещества фотокатода, создавая направленный поток заряженных частиц. Фотоэлементы защищены ударопрочным стеклом или полимерной пленкой, что обеспечивает долговременную эксплуатацию (срок службы промышленных панелей составляет десятилетия). Современные фотоэлектрические системы классифицируются по типу используемого кремния на монокристаллические и поликристаллические, а их максимальная производительность может достигать 230 Вт/м<sup>2</sup>, варьируясь в зависимости от уровня освещенности и угла наклона относительно солнца. Поскольку вырабатываемый панелями постоянный ток непригоден для использования в бытовых сетях, в состав энергосистем включаются инверторы, преобразующие его в переменный ток. Важной экологической характеристикой данного способа генерации является бесшумность работы и отсутствие вредных выбросов в процессе эксплуатации.

Виртуальное моделирование процесса создания солнечной панели в

песочнице с кубической графикой позволяет учащимся освоить технологическую последовательность сборки сложного инженерного устройства. На верстаке комбинируются следующие компоненты: базовый генератор (аналогичный используемому при угольной генерации), угольная пыль (содержащая диоксид кремния для напыления), стекло, а также ключевой элемент – электронная схема. Последняя широко применяется при создании различных инженерных механизмов и изготавливается из изолированного медного провода, железной пластины и красной пыли. Созданная солнечная панель в условиях цифровой симуляции функционирует с учетом ряда ограничений, моделирующих реальные условия: генерация осуществляется только в дневное время и при ясной погоде, мощность варьируется от 0,5 до 1 единицы энергии за программный такт. Наибольшая эффективность достигается при установке панелей в сухих и теплых биомах, где отсутствие осадков обеспечивает непрерывность генерации. Конструктивной особенностью симуляции является блокировка работы панели любым блоком, установленным над ней, за исключением специальных элементов (проводов, труб, снежного покрова, листвы и стекла), что позволяет учащимся экспериментальным путем освоить принципы оптимального размещения фотоэлектрических систем.

Параллельно с виртуальным моделированием целесообразно организовать практическую демонстрацию работы солнечной батареи с использованием конструктора Lego Education. Расширенный состав наборов включает солнечную батарею, представляющую собой готовую фотоэлектрическую панель со встроенным контроллером и опциональным отсеком для аккумулятора. Для демонстрации преобразования световой энергии в механическую работу необходимо извлечь аккумуляторы из отсека и подключить к панели простой мотор из набора, ранее использовавшийся при изучении электрогенерации. При попадании интенсивного солнечного света на поверхность фотоэлементов возникающий электрический ток приводит к вращению вала мотора. Важным методическим замечанием является необходимость использования естественного солнечного освещения, поскольку искусственные источники

света, как правило, не обеспечивают светового потока, достаточного для активации фотоэлементов учебной модели.

Интеграция виртуального и натурального экспериментирования позволяет учащимся не только освоить технологию создания солнечных панелей в упрощенной игровой форме, но и наблюдать реальный физический процесс преобразования энергии света в механическое движение. Такой подход способствует формированию у младших школьников научно обоснованных представлений о принципах работы альтернативной энергетики, развитию экологического мышления и понимания перспектив использования возобновляемых источников энергии в современном мире. Дополнительным стимулом к углублению познавательного интереса может служить знакомство с реальными масштабами развития солнечной энергетики в России и мире, включая крупнейшие фотоэлектрические станции и перспективные направления развития отрасли.

Формирование у младших школьников целостных представлений об индустриальных энергетических процессах предполагает последовательное освоение различных типов генерации, включая альтернативные источники энергии. В модификации Industrial Craft 2 представлен широкий спектр таких источников, моделирующих реальные технологические решения: солнечные панели (фотоэлектрические преобразователи), гидрогенераторы (преобразующие энергию водного потока) и геотермальные генераторы (использующие тепловую энергию недр). Рассмотрим дидактические возможности изучения каждого типа в контексте интеграции цифровых и конструкторских сред.

- **Солнечная генерация: от фотоэффекта к промышленным масштабам.** Солнечные панели представляют собой устройства, состоящие из множества кремниевых фотоэлементов, преобразующих энергию света в постоянный электрический ток на основе явления фотоэффекта. В песочнице с кубической графикой создание солнечной панели требует последовательной сборки компонентов на верстаке: базового генератора, угольной пыли

(содержащей диоксид кремния), стекла и электронной схемы. Моделируемые условия функционирования приближены к реальным: генерация осуществляется только в дневное время и при ясной погоде, мощность варьируется от 0,5 до 1 единицы энергии за программный такт, а эффективность зависит от выбора биома (сухие и теплые зоны обеспечивают непрерывность работы). Важным методическим приемом является разъяснение условности симуляции и последующее обращение к реальным масштабам солнечной энергетики. Так, для закрепления материала и стимулирования познавательного интереса целесообразно познакомить учащихся с крупнейшими проектами России: Старомарьевской СЭС в Ставропольском крае, а также с перспективным мегапроектом в Амурской области (планируемым к 2027 году), предполагающим размещение солнечных панелей на территории 100 гектаров с мощностью, в шесть раз превышающей показатели Старомарьевской станции. Обсуждение реальных промышленных масштабов позволяет сформировать у школьников адекватное представление о роли солнечной энергетики в современном энергобалансе страны.

- Гидрогенерация: энергия воды в виртуальном и реальном мире. Гидроэлектростанция (ГЭС) представляет собой сооружение, преобразующее кинетическую энергию водного потока в электричество посредством турбин и генераторов. Это наиболее экологически чистый источник энергии, используемый, в частности, для покрытия пиковых нагрузок в энергосистеме. В песочнице с кубической графикой гидрогенератор создается на верстаке из обычного генератора и древесины, а для его эффективной работы требуется размещение в центре водного объема  $3 \times 3 \times 3$ , что генерирует  $\sim 0,26$  единиц энергии за такт на каждый блок воды или водного течения вокруг устройства. Архитектурная и инженерная сложность гидросооружений (Любченко, Маринюк, Серебренникова, 2023) делает их особенно привлекательными для моделирования: после постройки виртуальной ГЭС учащиеся могут воссоздать ее макет с использованием дополнительного набора Lego Education «Экологический город MINDSTORMS». В ходе практической работы педагогу

целесообразно познакомить школьников с классификацией гидроэлектростанций (плотинные/русловые, деривационные, гидроаккумулирующие) и рассказать о крупнейших отечественных проектах. Особого внимания заслуживает Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С. Непорожного на реке Енисей – самая мощная электростанция России, обладающая самой высокой арочно-гравитационной плотиной в стране. Дополнительный познавательный интерес представляют низконапорные русловые ГЭС, такие как Красноярская и Братская, что позволяет сформировать у учащихся представление о разнообразии инженерных решений в гидроэнергетике.

- **Геотермальная энергетика: тепло земных недр.** Геотермальное генерирование энергии является наиболее экологически чистым и стабильным источником, поскольку работа таких электростанций осуществляется непрерывно и не зависит от погодных условий, используя тепло недр земли (горячую воду или пар) для выработки электричества. Кинетическая энергия природных источников (например, гейзеров) подается на турбины, приводя их во вращение. Современная энергетика использует три основных типа геотермальных станций: прямые (пар из скважин вращает турбины), непрямые (горячая вода поднимается, пар выделяется в теплообменнике, а вода возвращается под землю) и станции с бинарным циклом (использующие жидкость с низкой температурой кипения, например изопентан, что позволяет задействовать источники с более низкой температурой).

В песочнице с кубической графикой геотермальный генератор создается на верстаке из обычного генератора, железной оболочки, стекла и универсальной жидкостной капсулы. Последняя изготавливается в два этапа: сначала из оловянного проката при помощи молота производится простая оловянная оболочка, затем на верстаке из стекла и оболочки собирается универсальная жидкостная капсула. Ее уникальной особенностью является совместимость со всеми инженерными модификациями песочницы, что позволяет использовать капсулу в любых приборах, работающих с жидкостями. Для эффективной

работы геотермального генератора требуется его размещение в биомах с открытыми озерами лавы, в подземных пещерах с лавовыми озерами или в специально спроектированных геотермальных сооружениях. Интересным методическим приемом может стать генерация мира с многочисленными вулканами и лавовыми озерами, что создает насыщенную среду для экспериментирования. Генератор выделяет ~10 единиц энергии за такт, а также может быть интегрирован в инженерные циклы охлаждения ядерного реактора. Для Lego-моделирования геотермальных процессов подходят указанные выше наборы, при этом блоки магмы, лавы и геотермальной жидкости можно найти в дополнительном наборе Lego Education или в тематических наборах-аналогах, таких как «Исследователи вулкана».

Моделирование геотермальной электростанции открывает широкие возможности для межпредметной интеграции. В ходе работы целесообразно углубиться в изучение геологических процессов: рассказать ученикам о вулканах, магме, геосферах и внутренних оболочках земли, сформировав целостное представление о связи геологического строения территории и возможностей энергогенерации. Практическим закреплением материала может стать знакомство с четырьмя действующими геотермальными электростанциями России, с обязательным акцентом на их географическом расположении и связи с вулканической деятельностью в соответствующих регионах (Салихова, 2024). Такой подход не только расширяет кругозор школьников, но и способствует формированию устойчивого познавательного интереса к инженерным и естественнонаучным дисциплинам.

Проведенное исследование позволяет утверждать, что моделирование промышленных энергетических процессов в среде приложения-песочницы с кубической графикой (модификация Industrial Craft 2) обладает значительным дидактическим потенциалом в работе с младшими школьниками. Игровой формат взаимодействия с цифровой средой, будучи ведущим типом деятельности в данном возрасте, обеспечивает естественное и эмоционально привлекательное погружение учащихся в содержание инженерно-технических

задач. В процессе виртуального конструирования энергетических систем у детей формируются первичные, но научно обоснованные представления о фундаментальных принципах генерации, трансформации, накопления и передачи энергии, а также о технологической взаимосвязи различных элементов энергосистем.

Важнейшим педагогическим эффектом такой деятельности выступает закономерное возникновение у учащихся потребности в обращении к специализированным источникам информации. По мере усложнения игровых задач и стремления к реализации более масштабных инженерных проектов в виртуальной среде школьники неизбежно сталкиваются с необходимостью поиска, анализа и применения технических знаний, выходящих за пределы непосредственного игрового опыта. Это проявляется в обращении к справочным материалам модификации, техническим описаниям, обучающим видеороликам и специализированным интернет-ресурсам. Таким образом, игровая по форме деятельность приобретает характер учебно-исследовательской по содержанию, формируя у младших школьников начальные навыки работы с информационными источниками, критического отбора данных и самостоятельного поиска решений инженерных задач. Данный процесс способствует не только закреплению формируемых представлений об энергетике, но и развитию метапредметных компетенций, включая основы информационной грамотности и познавательной самостоятельности, что в полной мере соответствует требованиям ФГОС НОО к результатам освоения образовательной программы.

### **Заключение**

Проведенное теоретико-экспериментальное исследование подтвердило эффективность предложенного подхода к формированию у младших школьников представлений об индустриальных энергетических процессах посредством интеграции цифровых и конструкторских сред. В ходе работы были решены поставленные задачи: обоснован дидактический потенциал приложений-песочниц с кубической графикой (модификация Industrial Craft 2) и

образовательных наборов Lego Education, разработана авторская методика их сопряженного использования, экспериментально проверена ее результативность.

Полученные в ходе педагогического эксперимента данные позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Дидактическая целесообразность интеграции сред. Сочетание виртуального моделирования в приложении-песочнице и практического конструирования с использованием наборов Lego Education обеспечивает реализацию принципа полисенсорного обучения, учитывающего возрастные особенности познавательной деятельности младших школьников (наглядно-действенный характер мышления, ведущая роль игровой мотивации). Цифровая среда позволяет в доступной форме моделировать сложные технологические процессы (генерацию, трансформацию и передачу энергии), а конструкторская деятельность обеспечивает тактильный опыт и закрепление понимания физических принципов работы технических устройств.

2. Формирование целостных представлений об энергетике. Разработанная методика, включающая последовательное изучение угольной, солнечной, гидро- и геотермальной генерации, способствует формированию у учащихся научно обоснованных представлений о многообразии способов получения энергии, их технологических особенностях, экологических преимуществах и ограничениях. Важным компонентом выступает соотнесение виртуальных моделей с реальными промышленными объектами отечественной энергетики (Сургутская ГРЭС, Саяно-Шушенская ГЭС, Старомарьевская СЭС, геотермальные станции России), что обеспечивает связь учебного материала с практикой и стимулирует познавательный интерес.

3. Развитие метапредметных компетенций. В процессе реализации предложенной методики у младших школьников закономерно формируются не только предметные представления об энергетике, но и метапредметные умения: способность к поиску и анализу информации (обращение к справочным материалам, техническим описаниям), навыки проектной и исследовательской

деятельности, элементы инженерного мышления и творческой инициативы (постановка и решение проблемных задач по усовершенствованию конструкций). Данный результат соответствует требованиям ФГОС НОО к освоению образовательной программы.

4. Стимулирование познавательного интереса и ранняя профориентация. Игровая форма деятельности, эмоциональная привлекательность виртуального конструирования и возможность создания действующих моделей обеспечивают устойчивую мотивацию учащихся к изучению инженерно-технических дисциплин. Знакомство с реальными индустриальными объектами и профессиями, связанными с энергетической отраслью, создает основу для ранней профориентации и формирования интереса к инженерным специальностям.

Научная новизна исследования заключается в обосновании и экспериментальной проверке методики сопряженного использования цифровых приложений-песочниц и конструкторских сред Lego Education как средства формирования представлений об индустриальных энергетических процессах у младших школьников, ранее не представленной в научно-педагогической литературе.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные методические материалы могут быть непосредственно использованы учителями начальных классов, педагогами дополнительного образования, воспитателями групп продленного дня при организации урочной и внеурочной деятельности, а также в системе повышения квалификации педагогических кадров.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением спектра изучаемых индустриальных процессов (в частности, моделирование автоматизированных производственных линий, систем транспортировки энергии, замкнутых циклов производства), разработкой диагностического инструментария для оценки уровня сформированности инженерного мышления у младших школьников, а также изучением возможностей использования иных цифровых платформ в аналогичных целях.

## Литература

1. Громько, Н.В. (2025) Проектное действие в структуре учебно-игровой среды. *Психологическая наука и образование*, 2025, 2.
2. Ганичева, А.Н., Каитов, А.П., Львова, А.С., Любченко, О.А., Маринюк, А.А., Серебренникова, Ю.А. (2018) Использование педагогами stem-технологий в обучении детей младшего школьного возраста. *В сборнике: Ребенок в современном образовательном пространстве мегаполиса. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Редактор-составитель А.И. Савенков*, 32-36.
3. Любченко, О.А., Маринюк, А.А., Серебренникова, Ю.А. (2023) Информационные телекоммуникационные средства обработки больших данных и потоковых мультимедийных данных в учебном процессе начальной школы // *Известия института педагогики и психологии образования*, 2023, 2, 11-16.
4. Салихова, Ю.В. (2024) Робототехника WeDo 2.0: основы моделирования и программирования промышленных механизмов: рабочая программа.
5. Савенков, А.И., Львова, А.С., Любченко, О.А., Карпова, С.И., Романова, М.А., Рыжов, А.Н., Савенкова, Т.Д., Серебренникова, Ю.А., Смирнова, П.В., Фролова, Е.В. (2024) Развитие метапредметных компетенций и когнитивных способностей обучающихся в рамках воспитательной работы в школе. Москва, «Перо».
6. Minecraft: Education Edition как платформа для формирования алгоритмической грамотности и моделирования энергетических систем младших школьников. Получено с: <https://coddyschool.com/blog/minecraft-revolution-in-childrens-learning-and-development>