

Развитие инженерного мышления обучающихся технологических классов при обучении 3D-моделированию

Т. А. Семенкова, А. Ю. Федосов

Российский государственный социальный университет

tasemenkova@bk.ru, alex_fedosov@mail.ru

Аннотация

В статье обоснована актуальность развития инженерного мышления у школьников в условиях цифровой трансформации экономики, подчеркивается, что инженерное мышление, способность систематически решать проблемы и креативно подходить к конструированию новых решений является ключевым аспектом успешного решения сложных задач в различных сферах жизни человека. Авторами отмечается, что данный процесс имеет научно-прикладной характер и обладает междисциплинарностью, требует интеграции различных образовательных решений. В статье выделены ключевые элементы развития инженерного мышления, включая практическое применение знаний, работу в команде, использование исследовательского подхода, проблемно-ориентированные проекты, показано, что построение методики обучения 3D-моделированию может быть основано на применении разнообразных стилей обучения и применении спектра интерактивных образовательных технологий и технологий дистанционного обучения. Особое внимание в статье уделяется методам активного обучения в контексте реализации STEAM-образования, которое объединяет научные и творческие процессы, мотивируя обучающихся к исследованию и решению творческих задач. Авторами подчеркивается, что STEAM-образование предоставляет учащимся не только знания, но и практические навыки, необходимые для решения сложных задач с использованием инновационных технологий. Авторами подчеркивается перспективность построения и реализации методики обучения 3D-моделированию как одного из средств развития инженерного мышления. Таким образом, в статье представлен комплексный подход к развитию инженерного мышления у школьников, обучающихся в специализированных классах на основе обучения трёхмерному компьютерному моделированию.

Ключевые слова: инженерное мышление, компьютерное моделирование, 3D-моделирование, STEAM-образование, компьютерная графика, электронное обучение

Библиографическая ссылка: Семенкова Т. А., Федосов А. Ю. Развитие инженерного мышления обучающихся технологических классов при обучении 3D-моделированию // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. Выпуск 8 (Труды XXVII Международной объединенной научной конференции «Интернет и современное общество», IMS-2024, Санкт-Петербург, 24–26 июня 2024 г. Сборник научных статей). — СПб.: Университет ИТМО, 2024. С. 45–63. DOI: 10.17586/2587-8557-2024-8-45-63.

1. Введение

В условиях развертывающейся цифровой трансформации образования активизируется поиск новых образовательных решений, направленных на решение задачи становления различных компонентов инженерной культуры школьника. Существенно обновляются методы, средства, формы обучения и воспитания с опорой на цифровые решения, порождая

новые образовательные технологии. Тенденции развития учебных дисциплин, непосредственно связанных с развитием инженерной культуры школьника и формирующих ключевые компетенции выпускников для успешной профессиональной подготовки в соответствующей области знаний (технология, информатика, математика, физика, химия и др.) предполагают пересмотр содержания обучения, а также разработку новых педагогических технологий [1]. Потребности отрасли информационных технологий сегодня во многом определяют социальный заказ системе образования на кадровое обеспечение науки и производства [1].

Таким образом, развитие инженерного мышления у обучающихся является актуальной педагогической задачей в эпоху активного развития цифровых технологий, среди которых одной из наиболее значимых является технология трёхмерного моделирования (3D-моделирование). Освоение навыка 3D-моделирования как профессионального навыка опирается на работу со специализированным программным обеспечением, в результате освоения которого на уроках информатики и технологии можно успешно решать задачи развития аналитических способностей, формирования умения комплексно решать задачи, развития воображения, способности к критическому мышлению и креативности. Необходимым условием успешного решения задачи развития инженерного мышления обучающихся является построение методически обоснованной программы обучения и выбор программного обеспечения, которые помогут учащимся всесторонне овладеть профессиональными навыками в области трёхмерного моделирования.

Инженерный вектор в модернизации российского образования сегодня отвечает национальным приоритетам нашей страны, что находит отражение в различных государственных проектах, в частности в проекте «Цифровая экономика», целью которых выступает приоритетное развитие инженерных решений и технологий. Можно говорить о том, что формирование основ инженерного мышления становится неотъемлемым компонентом базовой подготовки школьника в области информационных и коммуникационных технологий. Программное обеспечение для автоматизированного проектирования используется уже не только инженерами, но и архитекторами, дизайнерами и другими профессионалами, кому требуется работать с техническими чертежами и эскизами.

Очень важно обеспечить и так называемый «бесшовный» переход подготовленных школьников в технические вузы, а затем и в профессию. Именно эта цель преследовалась при создании в школах классов инженерного профиля.

Анализ существующих методических подходов к обучению 3D-моделированию и прототипированию в общеобразовательной школе при изучении технологии и информатики показывает, что существует необходимость в определении новых методических решений на основе межпредметности и преемственности в изучении предметов с целью формирования и развития у учащихся навыков 3D-моделирования как элемента предпрофильной инженерной подготовки.

Таким образом, можно сформулировать ряд противоречий современного этапа теории и практики развития инженерного мышления школьников:

- между требованиями современного общества к формированию личности с развитым инженерным мышлением и пространственным воображением, и недостаточным уровнем их развития у обучающихся старшей школы;
- между необходимостью оптимизации организационно-педагогических условий развития инженерного мышления у обучающихся и недостаточной разработанностью научно-методического обеспечения механизмов реализации данного процесса;
- между необходимостью развития инженерного мышления у обучающихся 10–11 классов и недостаточным использованием для этого возможностей 3D-моделирования.

На основании обнаруженных противоречий определена проблема исследования, которая заключается в необходимости разработки методики развития основ инженерного мышления учащихся старшей школы средствами предмета «Информатика» при освоении ряда перспективных информационных технологий, в частности трёхмерного компьютерного моделирования и прототипирования.

2. Формирование понятия инженерного мышления школьников

В отечественной педагогической науке не так много работ, которые посвящены формированию и развитию инженерного мышления школьников. Рассмотрим основные подходы к решению задачи развития инженерного мышления в трудах отечественных исследователей. Прежде всего стоит выделить работы Т. Н. Лебедевой и сформулированное ей определение инженерного мышления: «системное техническое мышление, совмещающее креативность и разнообразные мыслительные подходы, что стимулирует инновационный подход и решение сложных задач» [2, с. 68].

Как отмечают М. Е. Чукулаева и Н. В. Сидорова, инженерное мышление включает в себя целый ряд аспектов, в том числе технический, конструктивный (целостное восприятие объекта), экономический (учитывает экономическую специфику объекта), исследовательский (анализ ситуации, выдвижение гипотез и их проверка), творческий (допускает применение нестандартных методов) и т. д. [3].

Л. М. Андрихина и ее коллеги выдвинули несколько важных тезисов. Во-первых, авторы отмечают, что изначально «инженерное мышление» исключительно связывалось с техническими науками. Однако в последние 10–15 лет это понятие переросло свои традиционные границы — развитие информационных и нанотехнологий, а также связь различных научных дисциплин с каждым годом усложняют и переплетают инженерную деятельность с социальными, экономическими и экологическими процессами [4]. Во-вторых, нормативно-регулятивные и ценностно-целевые структуры инженерного мышления приобретают всё большее значение, обуславливая эффективное принятие решений в динамичной и технологически насыщенной среде [4]. Инженерия занимается решением проблем и улучшением жизни людей – этот этический посыл так же важен для использования его в образовательном процессе и педагогической деятельности.

О. Н. Филатова, О. Ю. Рябков, Е. Л. Ермолаева указывают, что в условиях стремительной цифровизации, требуются специалисты, способные адаптироваться к развивающемуся рынку и создавать высокотехнологичные продукты. Инженерное мышление у подрастающего поколения играет ключевую роль в этом контексте, формируя опережающие навыки и способствуя правильному суждению в нестандартных ситуациях [5].

Т. М. Лукашенко полагает, что инженерное мышление объединяет разнообразные типы, включая логическое, образно-интуитивное и научное. Логическое мышление предоставляет четкие и конкретные понятия, образно-интуитивное организует обработку информации без рационального вмешательства, а научное мышление опирается на опыт и наблюдение. Инженерное мышление, согласно которому не существует одного идеального решения и что ответы создадут проблемы (из-за взаимосвязанности), требует понимания культуры, образа жизни и перспектив. Теоретическое и практическое мышление являются основными элементами инженерного мышления, позволяя решать задачи методом практической деятельности на основе теоретических знаний [6].

В зарубежных источниках подчеркивается, что потребность в инновациях в науке и технологиях определяет потребность в инженерных кадрах, способных интегрировать знания из различных отраслей. Образовательная среда имеет все возможности для того, чтобы в полной мере ответить на вызовы будущего. Один из вариантов — обучение с использованием 3D-технологий [7]. Современная цифровая экономика базируется на синтезе традиционного материального производства и цифровых технологий, что приводит

к широкому применению моделей искусственного интеллекта и развитию Интернета вещей [7]. В этом контексте Р. Э. Патерсон прогнозирует, что «умные продукты» и интеллектуальные компьютеризированные устройства (роботы) станут нормой, обеспечивая взаимодействие в автоматизированных производственных процессах [7]. Процесс цифровой трансформации производственного сектора интенсивно развивается, однако внедрение технологических инноваций может столкнуться с трудностями из-за недостаточной подготовки специалистов в области инженерного мышления. Это требует изменений в организации цифровой образовательной среды для развития инженерного мышления у будущих профессионалов и интеграцию новых технических средств в реальные проекты, продвижение в науку и промышленность [8].

Инженерное мышление в условиях Индустрии 4.0 рассматривается как специфическая форма активного отражения морфологических и функциональных связей предметных структур практики, направленная на удовлетворение технических потребностей через знания, методы и приемы. Инженерное мышление направлено на достижение качественного результата в технической деятельности и включает в себя активное отражение морфологических и функциональных связей предметных структур, удовлетворение технических потребностей в знаниях и методах для создания технических средств и технологий. Это способность принимать решения, выходящие за рамки существующих алгоритмов и технологий, умение критически оценивать традиционные методы, проявлять креативность и культуру исследования [8].

Мы можем рассматривать инженерное мышление, как совокупность жестких (технических знаний, теории и профессиональных навыков) и мягких навыков (межличностного общения и внутриличностных качеств или отношений) [9]. Метод обучения или дидактика обучения мягким навыкам отличается от дидактики жестких навыков. На развитие мягких навыков могут влиять внешние условия, но, тем не менее, это личные усилия и требуют подхода, ориентированного на обучающегося.

В контексте междисциплинарного подхода в процессе формирования инженерного мышления у обучающихся, знания — это факты, концепции, идеи и теории, ранее признанные, подкрепленные и осмысленные определенной областью или предметом. Навыки — это способность выполнять процедуры и использовать имеющиеся знания для достижения желаемых результатов. Наконец, умения характеризуют склонность и образ мышления действовать или реагировать на идеи, людей или обстоятельства [10].

Инженерное мышление направлено на решение конкретных или реальных задач, с которыми сталкиваются ученики. Именно такой прикладной характер позволяет говорить о междисциплинарном характере данного явления, поскольку конкретно-прикладные проблемы не ограничены одной предметной областью, в жизни эффективное и качественное выполнение задач стирает различия и границы между дисциплинами. Инженеры используют критическое мышление (чтобы определять проблемы и оценивать решения), креативность (чтобы рассматривать новые и многочисленные варианты) и сотрудничество (чтобы использовать и синтезировать навыки и знания экспертов из самого разного опыта). Соответственно, когда мы формируем понятие инженерного мышления, независимо от междисциплинарного подхода, эти навыки должны быть частью обучения во всех классах [11].

Критическая позиция, работа в команде, инициатива, коммуникация, межкультурные отношения, креативность, аналитические навыки, решение проблем и дипломатия являются примерами ключевых компетенций, которые можно приобрести в процессе обучения. Подобные компетенции востребованы в обществе, которое сталкивается с цифровой трансформацией, поэтому критическое мышление и инновационный подход ценятся все больше и больше [12].

Отметим, что благодаря существенному количеству информации и связям, доступным через Интернет, современные учащиеся должны иметь возможность критически оценивать, какие факты заслуживают доверия, тем самым в процессе педагогической деятельности

формируется культура информационной безопасности. «Инженеры» — это критически мыслящие люди, которые выявляют проблемы и сопоставляют ограничения и критерии, которые определяют пространство их проектирования. Они стараются знать и понимать потребности конечного пользователя. Инженеры сотрудничают в группах, чтобы творчески генерировать и исследовать потенциальные варианты, умело переходя от дивергентного мышления к конвергентным мыслительным процессам, необходимым для создания прототипа возможного решения. Они оптимизируют решения для увеличения успешности с минимальными негативными последствиями и должны взаимодействовать с членами команды и внешними факторами, чтобы разрабатывать и внедрять новые решения и технологии. Используя методы и подходы инженерного проектирования в классе, формируя инженерное мышление, педагог может обеспечить прочную, хорошо развитую основу для моделирования и отработки всех ключевых навыков XXI в.

Формирование инженерного мышления – это длительный процесс, поскольку каждая задача, поставленная для решения, уникальна и поиск решения может занимать достаточно много времени, к тому же решение для одного случая может не подойти для похожего.

На всех уровнях обучения стандарты образования направлены на проектный метод обучения. Метод проекта подразумевает решение проблемы, выстраивается проблемный метод с критериями, разработку множества возможных решений, а также создание прототипов для оптимизации решения. По мере того, как учащиеся будут взрослеть, они будут сталкиваться с повышением и уровня показателей, а именно ученики столкнутся с более тщательным и подробным изучением критериев и факторов, которые на них влияют, более тщательным рассмотрением вариантов решения, синтезом идей и характеристик, обнаруженных в различных вариантах и решениях, более широким использованием системного мышления.

Так, например, обучающимся начальной школы могут приходить в голову самые фантастические идеи, но им трудно найти среди них закономерности и фактически остановиться на одной [13]. В средней школе ученики могут создавать конкретные прототипы, на основе готовых инженерных решений. Они могут также синтезировать части идей, например, комбинируя выбор материалов из одной идеи, дизайн из другой идеи, а размер из третьей, поскольку синтез является важной частью инноваций [14]. Учащиеся старших классов могут уже самостоятельно разрабатывать проекты, создавать прототипы, анализировать проекты. Этот анализ должен быть сложным, зависеть от направленности проекта, что позволяет мотивировать учащихся на самостоятельную работу и подготовить обучающихся старших классов уже к обучению в вузах.

3. Методические аспекты развития инженерного мышления в системе среднего общего образования

Анализируя проблему развития инженерного мышления в системе среднего общего образования, ряд ученых предлагают чаще всего решения из близкой им предметной области. С. В. Зенкина, О. М. Корчажкина, М. Ю. Сизова, М. Р. Шабалина акцентируют внимание на изучении математики, поскольку она развивает способности к анализу, генерации идей, а также к выбору оптимальных решений поставленных задач [15, 16, 17, 18]. Другие исследователи полагают, что в основе формирования основ инженерного мышления должна лежать физика, поскольку она формирует умения моделировать явления, анализировать условия, оценивать и корректировать действия, а также соотносить модели с реальностью [19]. Прикладной характер занятий может быть реализован в робототехнике, тем самым превращая теорию в увлекательную для школьников практику [20].

В последнее время преподаватели гуманитарных дисциплин также указывают на значимость ряда соответствующих дисциплин в формировании инженерного мышления обучающихся. Так, например, О. Н. Хан доказывает, что изучение языковых дисциплин способствует систематизации компонентов инженерного мышления на основе развития

речевой компетентности и понимания языковых закономерностей [20]. О. В. Князева утверждает, что история развития науки и технологий, их влияния на общество помогает школьникам видеть непрерывную цепочку технического прогресса и формирует у них инженерное мышление. Это позволяет понимать сущность и значение исторических процессов в широком контексте и развивает критическое мышление [21].

Но несмотря на дисциплинарную принадлежность, преимущественной точкой зрения в отечественной методической литературе является тезис о том, что в основе формирования инженерного мышления обучающихся должен лежать деятельностный подход в обучении. Методология деятельностного подхода, целью которого является развитие технических и сквозных навыков в ориентированной на учащихся среде, основано на сотрудничестве педагогов и обучающихся, — это учебная деятельность, вовлекающая учащихся в выполнение действий и размышление о том, что они делают. Методологию деятельностного подхода мы видим уже у Л. С. Выготского, который защищал теорию социального конструктивизма, основная идея которой заключается в том, что понятия и построение значений изучаются учащимися совместно [22]. Для учителей эта методология означает отказ от традиционных методов обучения в пользу непредвзятости и поощрения командной работы. Этот навык важен как для учителей, так и для учащихся [17].

Характерными чертами активного обучения являются актуальность и прикладной характер, решение проблем реального мира, применение предшествующих знаний или опыта для решения новых проблем, междисциплинарный подход, самостоятельная работа обучающихся [23].

Одним из перспективных видов активного обучения можно считать «STEAM-образование». Изначально термин «STEM» ассоциировался с областями науки, технологий, инженерного и математического образования. Однако позже исследователи педагогической деятельности призвали к расширению понятия, включив в него искусство — и таким образом родился термин STEAM (Science Technology Engineering Art and Mathematics). Исследователи исходили из идеи, что искусство, в той или иной своей форме, всегда сосуществовало с техническими и естественными науками (например, в виде рисунков, чертежей и диаграмм), и его игнорирование только обеднит образовательные технологии.

В самом широком смысле мы можем рассматривать STEAM как совокупность двух подходов — научного исследования и инженерного проектирования, которое по своей сути является творческой деятельностью обучающихся. Эффективность STEAM-образования заключается в его способности привлекать и вовлекать школьников во внеклассные курсы, которые используют элементы учебного дизайна таким образом, чтобы они могли связать содержание с реальным контекстом.

Эта взаимосвязь концепций, технологий и учебных теорий приводит к получению всеобъемлющих знаний, которые лучше всего можно охарактеризовать как функциональную грамотность. Более того, учащиеся, осваивающие курсы STEAM, будут достаточно способны и уверены в себе, чтобы устанавливать связи между каждым из этих элементов, тем самым позволяя им интеллектуально развиваться в рамках выбранной профессии посредством наблюдения, критического мышления и действий по мере необходимости. Новый аспект функциональной грамотности в STEAM — это не просто знания, полученные по отдельному предмету, а способность творчески использовать их в постоянно меняющейся экономической или социальной среде [24, 25].

Внедрение STEAM в образовательный процесс связано с повышением цифровой грамотности обучающихся. Специалисты утверждают, что с начала 2010-х гг. мир находится в эпохе четвертой промышленной революции, которую отличает синтез технологий и межотраслевого взаимодействия во всех сферах общественной жизни. При этом скорость таких изменений очень велика, что требует от общества гибкости и адаптации к новой реальности, с учетом не только технологических, но и социокультурных изменений. Именно STEAM-образование позволяет овладеть новыми технологиями, такими как искусственный интеллект, робототехника, нанотехнологии, 3D-печать, биотехнологии и

Интернет вещей. Именно STEAM-образование предлагает множество возможностей для творческой разработки ответов на реальные проблемы.

В целом мы можем выделить 4 основных сценария STEAM-образования. Во-первых, это разработка мероприятий для вовлечения и мотивации учащихся в процесс активного обучения. Суть этой практики заключается в разработке стратегий, которые помогут учащимся взять на себя больше ответственности за свое обучение, сделав занятия более ориентированными на учащихся. Эти виды деятельности варьируются от демонстрации интересных научных явлений, придания научного содержания актуального для личной жизни учащихся, распространения обучения на внеклассную сферу и соединения науки с другими интересными академическими дисциплинами или даже с развлечениями. Во-вторых, использование сценарной организации контента.

Подходы, основанные на сценариях, относятся к широкому спектру учебных практик, которые организуют учебные материалы на более длительный период времени вокруг одного или нескольких сценариев. Эти практики часто называют обучением, основанным на проблемах, проектах, конкретных случаях, исследованиях или проблемах. В-третьих, организация учащихся в совместной работе. Совместная работа может происходить во многих формах, в том числе в рамках курса или нескольких курсов, во время занятий или после них, а также посредством личного или виртуального взаимодействия. В-четвертых, это проведение исследований — вовлечение в научно-исследовательскую деятельность либо в существующей лаборатории, либо под руководством преподавателя.

Несомненно, использование этого метода обучения требует особой подготовки самого педагога. Как отмечают Т. И. Анисимова, Ф. М. Сабирова, О. В. Шатунова педагог должен обладать не только профессиональными навыками в области обучения и воспитания, но и способностью генерировать новые идеи, реализовывать их в проектах, проводить научные исследования. Инновационный подход в подготовке педагогов для STEAM-образования на уровне магистратуры может быть успешно реализован через модули, объединяющие дисциплины и практики по каждому блоку STEAM. Этот подход позволит получить специалистов, способных не только применять существующие методики обучения, но и вносить свой вклад в развитие образования и инноваций в сфере обучения [26, 27].

Анализируя образовательный процесс в целом, обратимся к определенным предметам, в курс которых включено изучение 3D-моделирования.

В соответствии с Федеральной рабочей программой основного общего образования по предмету «Технология» для 5-9 классов в содержание образования включены основные теоретические и практические аспекты 3D-моделирования. Курс предоставляет учащимся возможность ознакомиться с принципами 3D-моделирования, макетирования и прототипирования. При наличии необходимой технической базы учебного заведения, учащиеся могут изучить создание трёхмерных моделей, освоить работу с программным обеспечением САПР и ознакомиться с применением 3D-моделей в различных областях производства и управления.

В современной общеобразовательной школе изучение основ 3D-моделирования и прототипирования также включено в курс информатики в старших классах. Это позволяет учащимся не только освоить новые навыки, но и углубить знания, полученные в предыдущих учебных программах. Такой подход помогает им сознательно выбирать направление дальнейшего обучения, саморазвития, творчества и профессионального роста. Гарантирование беспрепятственного перехода подготовленных школьников в технические вузы и успешной адаптации в профессии является ключевой задачей, которую ставит перед собой создание классов инженерного профиля в школах. Особое внимание уделяется выбору среды для овладения основами трёхмерной графики на уроках информатики углубленного уровня.

При выборе 3D-редакторов для школьного курса информатики следует учитывать следующие критерии: уровень знаний обучающихся, возрастные особенности (адаптированный интерфейс, язык, наличие учебных материалов), технические

характеристики (системные требования, платформа) и ориентация на применение навыков в профессиональной сфере и материальную базу образовательного учреждения. Это обеспечит эффективное использование программного обеспечения, соответствующее уровню подготовки учащихся и способствующее их успешному обучению.

Рассмотрим сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования Компас-3D v21 (учебная версия) и Blender, предложенный в УМК К. Ю. Полякова. Несмотря на ряд схожих характеристик, они имеют достаточно различий и особенностей (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика Blender и Компас 3D

	Blender	Компас-3D v21
Фирма-производитель	Американская компания Blender Foundation	Российская компания Аскон
Распространение	Бесплатное, открытое (лицензия не требуется)	Учебная лицензия позволяет учащимся и педагогам использовать версию, почти не отличающуюся от полной, бесплатно
Функционал	Полный набор инструментов для моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки	Изначально САПР создавалась для профессиональных инженеров и проектировщиков, поэтому функционал отвечает всем их требованиям. Учебная версия по набору инструментов практически не отличается
Удобство интерфейса	Среднее	Удобен даже для начинающих
Библиотеки ГОСТ	Не имеется	Имеется
Поддержка и язык	Есть версия на русском языке. Также существует активное сообщество пользователей, которое делится ресурсами, материалами, поддержкой	Русский язык интерфейса. Поддержка осуществляется на нем же

Особое внимание следует уделить тому факту, что ведущие технические вузы России, включая МИРЭА, МИТУ-МАСИ, МГТУ им. Н. Э. Баумана, МФТИ, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, и ряд региональных университетов уже успешно интегрировали программное обеспечение Компас-3D в систему образования. Это свидетельствует о признании его эффективности и применимости в образовательном процессе.

Изучение курса 3D-моделирования в среде Компас-3D имеет несколько значимых аспектов. Овладение 3D-моделированием с помощью программы Компас-3D позволяет обрести необходимые навыки для работы в сферах инженерии, архитектуры, машиностроения и других технических областей. Приведем примеры изучения 3D-моделирования в среде Компас-3D в отечественной школе.

Опыт внедрения обучения компьютерной графике в системе Компас-3D в ГБОУ СОШ № 503 Санкт-Петербурга для обучающихся, имеющими ограниченные возможности по здоровью, представляет собой интересную и значимую инициативу. Начиная с первого использования системы в учебном процессе школы 11 ноября 2022 г., учителя различных предметов – черчения, математики, информатики — проявили заинтересованность в этом инновационном подходе. Проведение мастер-классов и создание творческой группы по внедрению системы в школе свидетельствуют о серьезной работе по обучению учащихся компьютерной графике. Планирование обучающих семинаров и определение направлений развития демонстрируют стремление школы к интеграции современных технологий в образовательный процесс.

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 44» имени народного учителя СССР Г. Д. Лавровой г. Нижний Тагил активно использует систему автоматизированного проектирования Компас-3D в своей учебной деятельности. Начиная с 8 класса на уроках информатики в теме «Графические редакторы» обучающиеся знакомятся с этим программным обеспечением. После освоения и выполнения задач по построению различных геометрических фигур, в учебной программе курса информатики интегрируются примеры заданий, которые учащиеся выполняют с помощью системы «Компас-3D» из курса геометрии. Например, в 9 классе ученики строят сечения многогранников, круги, трапеции и другие геометрические фигуры и тела вращения. В 10 классе обучение продолжается более сложными построениями, такими как объемные тела: тетраэдры, пирамиды, усеченные пирамиды и другие. Ученики получают возможность применять свои навыки и знания для решения более сложных задач [27].

На мастер-классе, проведенном педагогами ГОУ СОШ № 549 ЮАО г. Москвы Н. В. Тереховой, Т. И. Башлыковой, С. И. Хрустальной, был продемонстрирован уникальный опыт интеграции предметов — графики, геометрии и информатики. В ходе мероприятия были представлены материалы интегрированных уроков. Одной из тем, которая была рассмотрена на мастер-классе, было построение параллелограмма по двум смежным сторонам и углу между ними. Это задание позволяет учащимся лучше понимать основы геометрии и работать над построением сложных геометрических фигур. Особое внимание на мастер-классе было уделено опыту использования системы «Компас-3D LT» в учебно-воспитательном процессе.

Во многих школах Московской области внедрение обучения 3D-моделированию реализуется за счет Центров образования «Точка роста» в систему дополнительного образования, реализуя образовательную программу с помощью «Компас-3D».

4. Разработка и внедрение методики развития инженерного мышления с помощью 3D-моделирования

Развитие полученных в курсе технологии знаний и навыков в области 3D-моделирования и прототипирования может быть реализовано в курсе информатики в старших (в том числе инженерных) классах. Такой подход будет способствовать включению в образовательный процесс более сложных инструментов и техник моделирования.

За основу изучения раздела «Трёхмерная графика» был взят учебник К. Ю. Полякова для 11 класса. В учебном плане предмета «Информатика» для изучения этого раздела отводится 16 уроков, тематическое планирование раздела представлено в табл. 2.

При разработке методики обучения 3D-моделированию в рамках школьного курса информатики на основе применения вышеназванного программного обеспечения следует учитывать, что обучающиеся уже будут знакомы со свойствами интерфейса и основными принципами его работы из курса технологии, таким образом реализуется межпредметная связь при изучении 3D-моделирования в курсах информатики и технологии в общеобразовательной школе. На этой основе в ходе изучения дисциплин учащимся постепенно предлагаются все более сложные задания по выполнению различных проектов с целью расширить возможности по практическому применению приобретенных навыков и обеспечить более глубокое понимание 3D-моделирования. Учащиеся имеют возможность создания собственного проекта и на практике продемонстрировать уровень своих знаний и навыков. Педагогу следует формировать активную обратную связь по итогам реализации проектов.

Для организации практических работ выбран узел «Клапан предохранительный». Принцип его работы основан на работе пружины сжатия, прижимающей клапан к седлу. При повышении давления в системе свыше установленного, сила притяжения уменьшается,

клапан отодвигается, и начинается сброс среды через отверстия в клапане. Это нормализует напор в системе и когда давление опустится до допустимого предела, запорный элемент снова будет прижат к седлу. Величина усилия пружины сжатия регулируется при помощи винта, рабочий ход которого зависит от вращения рукоятки. Для фиксации положения винта и предотвращения изменения установленных параметров, при котором срабатывает запорный элемент, служит гайка.

Таблица 2. Методические задачи применения Компас-3D v21 при реализации практических работ

№ урока	Тема урока в КТП Полякова К. Ю.	Компас-3D v21 (учебная версия)
1	Введение в 3D-графику. Проекция	Актуализация знаний по теме 3D-графики и прототипирования
2	Работа с объектами	Теоретический разбор элементов сборного чертежа. Анализ документации
3	Сеточные модели	Практическая работа № 1 — Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы «Корпус». «Элемент вращения», «Элемент выдавливания»
4	Сеточные модели	Практическая работа № 2 — Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы «Седло». «Элемент выдавливания»
5	Модификаторы	Практическая работа № 3 — Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Вращение»
6	Контур	Практическая работа № 4 — Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Вращение»
7	Контур	Практическая работа № 5 — Создание электронной модели, входящей в состав сборочной единицы. «Механика»
8	Материалы и текстуры	Практическая работа № 6 — Изучить инструментальную область «Сборки»
9	Текстуры	Практическая работа № 7 — Наложение сопряжений
10	UV-развертка	Практическая работа № 8 — Наложение сопряжений
11	Рендеринг	Практическая работа № 9 — Наложение сопряжений
12	Анимация	Практическая работа № 10 — Элементы крепежа автоматического сопряжения
13	Анимация. Ключевые формы.	Практическая работа № 11 — Крепежные изделия
14	Анимация. Арматура	Практическая работа № 12 — Крепежные изделия
15	Язык VRML	Вставка компонентов
16	Практическая работа: язык VRML	Организация полной сборки

Устройство самого клапана и принцип его работы не разбирается детально на уровне школьного образования, но учитывается при решении задач по физике в 10 классе. Подобные задачи используются и для подготовки к сдаче ЕГЭ по этому предмету. В ходе реализации практических работ учащимся предлагается поэтапное создание данного узла по чертежам деталей в определенной очередности в соответствии со спецификацией (рис. 1). Все практические работы имеют последовательный характер, позволяя наращивать навыки. С участниками экспериментальной группы в ходе теоретических уроков был проведен анализ использования устройства «Клапан предохранительный», были рассмотрены задачи по физике 10 класса, в условиях которых шла речь о применении такого клапана. Для выполнения практических работ ученикам в качестве раздаточного выдавались чертежи детали (элемента сборки) с необходимым количеством проекций (рис. 2). Все практические работы выполнялись каждым обучающимся самостоятельно, созданные 3D-модели сохранялись в свою папку для дальнейшей работы.

Код документа	Дата	Лист	Обозначение	Наименование	Лист	Примечание
				<i>Документация</i>		
A1			000.050 СБ	Сборочный чертеж		
				<i>Детали</i>		
A2	1	000.001		Корпус	1	
A3	2	000.002		Седло	1	
A3	3	000.003		Винт	1	
A4	4	000.004		Опора	1	
A3	5	000.005		Клапан	1	
A4	6	000.006		Яржина сжатия	1	
A3	7	000.007		Ручка	1	
				<i>Стандартные изделия</i>		
	10			Винт ВМ6-6рх14 ГОСТ 1491-80	1	
	11			Гайка 2М24-6Н ГОСТ 5985-70	1	
	12			Шайба С.6.37 ГОСТ 1874-78	1	

Рис. 1. 000.050 - Клапан предохранительный. Спецификация

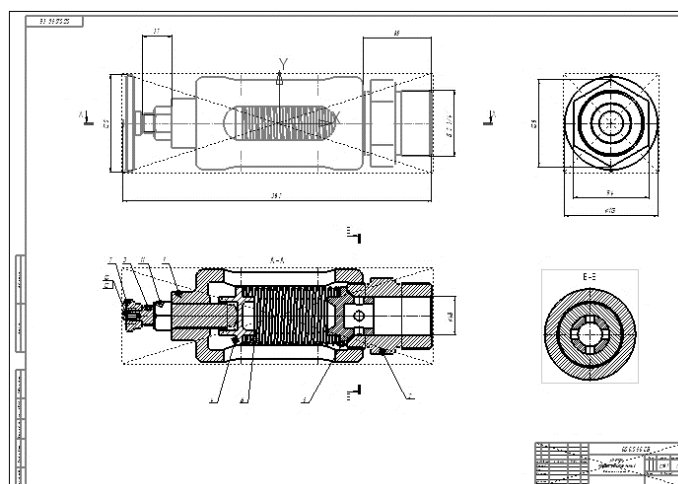


Рис. 2. Клапан предохранительный

Методика развития инженерного мышления обучающихся может быть реализована не только в форме очных занятий, но и в режиме дистанционного обучения. Такая возможность имеется при использовании учебной версии программы Компас — «Компас — 3D Учебная версия». Версия Компас для дистанционного обучения может быть применена только на домашних компьютерах, недопустима для установки в учебный класс, так как она является полностью бесплатной. Также она может быть использована для выполнения домашних заданий, для обучения детей с ограниченными возможностями. Для реализации методики требуется домашний компьютер обучающегося, методический материал, который подробно описывает ход выполнения задания.

Основные отличия учебной версии Компас-3D от профессиональной:

- учебная версия ограничивает возможность работы с частью приложений и библиотеками;
- полное отсутствие интеграции с системами управления инженерными данными;
- в процессе печати чертежей или текстовых документов, которые были созданы в учебной версии, автоматически прикрепляется информация о системе Компас 3D;
- в учебной версии есть возможность открывать файлы, которые были созданы в профессиональной версии, но для обратного действия требуется специальная лицензия.

Возможности учебной версии несколько ограничены, в отличие от версии профессиональной, но даже исходя из данного факта, «Компас 3D — Учебная версия» может быть успешно применена для организации дистанционного обучения обучающимся.

Основные компоненты учебной версии «Компас – 3D»:

- создание трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц;
- автоматизация проектно – конструкторских работ;
- выпуск различных спецификаций, ведомостей и других табличных документов;
- разработка различной текстовой документации.

Учебная версия Компас 3D полностью обеспечивает возможность реализации методики развития инженерного мышления обучающихся, так как программа позволяет не только изучать материал в учебных учреждениях с преподавателем, но и выполнять комплект практических работ дистанционно, либо в качестве замены обычным очным занятиям, либо как дополнение занятия для развития, закрепления различных навыков. Комплект практических работ дополняется интерактивным домашним заданием как по теоретическим вопросам работы в Компас 3D, так и практическим, которое доступно и в дистанционном режиме обучения.

5. Организация педагогического эксперимента и анализ полученных результатов

Разработанный курс 3D-моделирования, направленный на обучение школьников 11-х классов инженерного и технологического профиля был апробирован в течение двух лет (2022–2023 и 2023–2024 уч. гг.) на базе Муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения «Нахабинская гимназия № 4», п. Нахабино Московской области.

Целью эксперимента являлась проверка возможности использования технологии проектной деятельности для развития инженерного мышления на уроках информатики углубленного уровня в средней школе.

Эксперимент был направлен на решение следующих задач:

- создание условий для реализации методики;
- повышение уровня развития инженерного мышления за счет применения методики развития инженерного мышления при обучении трёхмерному компьютерному моделированию.

Чтобы оценить уровень сформированности инженерного мышления 11 класс был разделен на две группы (экспериментальная (ЭГ) и контрольная (КГ)) произвольным делением. Состав групп был равномерным по количеству девушек и юношей. В экспериментальной группе (15 человек) обучение разделу «Трёхмерная графика» проводилось с использованием САПР Компас-3D v21 по разработанной методике. В контрольной группе (15 человек) раздел «Трёхмерная графика» изучался в классическом режиме с использованием САПР Blender.

С системой автоматизированного проектирования Компас-2D все 30 обучающихся 11 класса знакомы из курсов «Технология» в 9 классе и элективного курса «Инженерная

графика» в 10 классе, который ведется в МБОУ «Нахабинская гимназия № 4» по авторской программе, и владели базовыми знаниями по черчению и интерфейсу Компас.

На констатирующем этапе педагогического эксперимента была проведена работа по выявлению уровня развития инженерного мышления. Для получения комплексного представления о способности к инженерному мышлению обучающихся выбраны две методики: с помощью Прогрессивных матриц Равена (оценивается способность к логическому анализу и абстрактному мышлению) и диагностика рефлексивности А. В. Карпова (оценивается уровень самосознания, самоконтроля и восприятия окружающих). Для определения критериев уровня развития инженерного мышления у каждого обучающегося и в совокупности по классу была использована экспертная таблица (табл. 3).

Оба тестирования проводились во внеурочное время. Время выполнения тестов было неограниченно (тестирование с помощью прогрессивных матриц имеет второй вариант исполнения, с ограничением по времени 20 мин.).

Таблица 3. Сравнительная таблица результатов диагностики обучающихся в экспериментальной (ЭГ) и контрольной группах (КГ)

	Диагностика с помощью Прогрессивных матриц Равена			Диагностика рефлексивности А. В. Карпова	
	1 степень (95 и выше)	2 степень (75–95)	3 степень (25–74)	> 7 стенов	< 7 стенов
ЭГ	3	9	3	12	3
КГ	2	10	3	14	1

На контрольном этапе эксперимента был осуществлен итоговый замер уровня инженерного мышления с целью выявить динамику уровня у обучающихся инженерного класса. В качестве диагностики были использованы те же методы, которые использовались и на констатирующем этапе. На сравнительных диаграммах (рис. 3, 4) представлен анализ итогов.

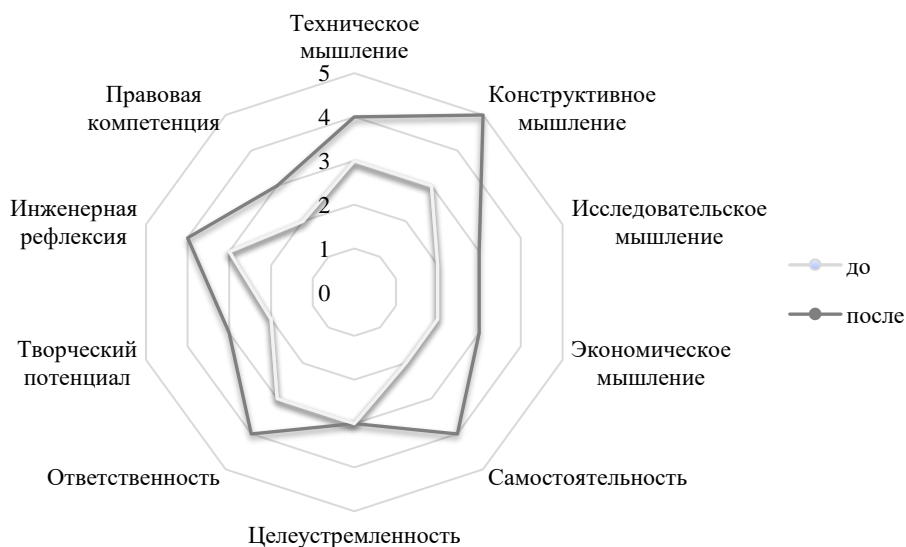


Рис. 3. Экспериментальная группа



Рис. 4. Контрольная группа

Эксперимент показал, что благодаря использованию методики развития основ инженерного мышления в курсе информатики процесс развития инженерных навыков и связанных с ними учебных действий у обучающихся протекает значительно быстрее, чем при стандартном образовательном процессе. Вместе с этим можно зафиксировать повышение уровня мотивации обучающихся к изучению предмета «Информатика» и предметами смежного спектра.

Проанализировав результаты проведенного эксперимента, авторы могут констатировать следующее:

- показатель уровня технического мышления у участников двух групп вырос на 60%;
- показатель уровня конструкторского мышления у участников экспериментальной группы вырос на 90%, в то время как у контрольной группы только на 50%;
- показатель уровня исследовательского мышления у участников экспериментальной группы вырос на 85%, в то время как у контрольной группы только на 30%;
- показатель уровня инженерной рефлексии у участников экспериментальной группы вырос на 90%, в то время как у контрольной группы он вырос с 50%
- показатель уровня самостоятельности у участников экспериментальной группы вырос на 95%, в то время как у контрольной группы он вырос на 43%.

6. Выводы

Формирование инженерного мышления у школьников представляет собой комплексный процесс, направленный на развитие способности к систематическому решению проблем и творческому подходу к конструированию. Инженерное мышление является ключевым компонентом современного образования, ставящим своей целью не только передачу знаний, но и развитие навыков и умений, необходимых для решения сложных задач в различных областях жизни. Научно-прикладной характер позволяет говорить о междисциплинарности инженерного мышления, поскольку проблемы, с которыми решаются таким способом, часто не ограничены рамками одной предметной области. Подход к

решению этих задач требует сочетания знаний из различных сфер знаний, что подчеркивает важность интеграции международных подходов в обучении.

Ключевыми элементами успешного формирования инженерного мышления в учебном процессе являются практическое применение знаний, работа в команде, исследовательский подход, проблемно-ориентированные проекты, развитие креативности и обратная связь. Продуманная методика должна включать различные стратегии и методы, учитывая разнообразные стили обучения учащихся. Наиболее эффективным методом формирования инженерного мышления можно считать метод активного обучения, который не сводится к механическому запоминанию фактов, стимулируя обучающихся систематизировать и интегрировать новую информацию в их уже имеющийся опыт.

Преимущество и особенность разработанного авторского курса заключаются в том, что в результате его изучения динамика развития инженерных навыков становится более интенсивной. Это происходит за счет внедрения в курс заданий инженерной направленности как в теоретической части, так и в практической. Каждое практическое задание включает в себя создание самостоятельной трёхмерной модели по чертежу с помощью различных методов построения, которые впоследствии будут организованы в сборочную единицу. В теоретической части курса уроков проложена связь с предметом физика, черчение и рассмотрены теоретические аспекты применения данной конструкции, что дает возможность повысить мотивацию к изучению смежных предметов.

Литература

- [1] Федосов А. Ю., Семенкова Т. А. Формирование базовых навыков прототипирования на ступени основного общего образования // Информационные системы и технологии: материалы международного научного конгресса по информатике. В 3 ч., Минск, 27–28 октября 2022 года. Том 3. Минск: Белорусский государственный университет, 2022. С. 206-211.
- [2] Лебедева Т. Н. Инженерное мышление: определение и состав его компонентов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4-3. С. 66-68.
- [3] Чекулаева М. Е., Сидорова Н. В. Развитие инженерного мышления учащихся путем привлечения их к составлению прикладных задач // Вестник науки и образования. 2020. № 12–1 (90). С. 61-65.
- [4] Андриухина Л. М., Гузанов Б. Н., Анахов С. В. Инженерное мышление: векторы развития в контексте трансформации научной картины мира // Образование и наука. 2023. Т. 25, № 8. С. 12-48. DOI 10.17853/1994-5639-2023-8-12-48.
- [5] Филатова О. Н., Рябков О. Ю., Ермолаева Е. Л. Формирование инженерного мышления у обучающихся на занятиях образовательной робототехники // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 68–4. С. 245-247.
- [6] Лукашенко Т. М. Формирование инженерного мышления на уроках английского языка // Ментор. 2019. № 3. С. 59-61.
- [7] Paterson R. E. Intuitive cognition and models of human–automaton interaction // Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2017. Vol. 59 (1). P. 101-115.
- [8] Bushmeleva N. A. et al. Peculiarities of Engineering Thinking Formation Using 3D Technology // European journal of contemporary education. 2020. Vol. 9 (3). P. 529-545.
- [9] Деревянко К. И., Орловская В. П., Филиппова И. Г. Креативное мышление как элемент Soft Skills специалиста индустрии событий // Экономика и управление. 2022. Т. 28, № 3. С. 267-280.
- [10] Легкова И. А., Никитина С. А., Зарубин В. П., Иванов В. Е. Визуализация учебного материала средствами системы КОМПАС-3D // Современные проблемы высшего образования: материалы VII Международной научно-методической конференции,

- Курск, 28 апреля 2015 года / С. Г. Емельянов (отв. редактор). Курск: Юго-Западный государственный университет, 2015. С. 34-38.
- [11] Романова Г. В. Развитие инженерного творчества как актуальная проблема высшего и дополнительного профессионального образования: опыт западных стран // Управление устойчивым развитием. 2017. № 1 (08). С. 114-118.
- [12] Баямбаева А. С., Абдишева З. В. Развитие критического мышления школьников как способ организации интерактивного образовательного процесса // Вестник СКУ им. М. Козыбаева. 2020. № 4 (49). С. 265-270.
- [13] Никитина Г. В., Елшанская О. С. Формирование предпосылок инженерного мышления у дошкольников посредством конструирования // Гуманитарные науки и образование. 2019. Т. 10, № 4 (40). С. 77-83.
- [14] Рожик А. Ю. Исторические этапы решения проблемы формирования инженерного мышления // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2017. Т. 9, № 2. С. 98-113. DOI 10.14529/ped170210.
- [15] Зенкина С. В., Савченкова М. В. Использование 3D редакторов в урочной и во внеурочной деятельности // Инфоком. 2018. № 1 (2). С. 45-53.
- [16] Корчажкина О. М. Роль визуализации в формировании инженерного мышления при изучении вероятностных процессов // Настоящее и будущее физико-математического образования: Материалы докладов V всероссийской научно-практической конференции, Киров, 26–27 октября 2018 года / Отв. ред. Ю. А. Сауров. Киров: ООО «Радуга-ПРЕСС», 2018. С. 121-125.
- [17] Сизова М. Ю. Формирование инженерного мышления школьников в процессе проектной деятельности по математике // Формирование инженерного мышления в процессе обучения: материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 01 апреля 2016 года / Отв. ред. Т. Н. Шамало. Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2016. С. 162-166.
- [18] Шабалина М. Р., Соколова А. Н. Особенности преподавания математики в контексте формирования конструктивного мышления у студентов инженерных профилей // Альманах мировой науки. 2016. № 10–2 (13). С. 72-75.
- [19] Савченко Е. В. Развитие абстрактно-логического мышления студентов в процессе решения задач по курсу общей физики // Modern Science. 2020. № 12–4. С. 358-362.
- [20] Хан О. Н. Развитие творческого инженерного мышления при изучении дисциплин «Русский язык и деловые коммуникации», «Русский язык и этика делового общения» // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 89–2. С. 149-151.
- [21] Князева О. В. Развитие инженерного мышления на уроках истории: из педагогической практики // Новые педагогические исследования: сборник статей Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 апреля 2020 года. Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г. Ю.), 2020. С. 78-80.
- [22] Выготский Л. С. Собрание сочинений: в 6-ти томах. Т. 6: Научное наследство. М.: Педагогика, 1984. 400 с.
- [23] Е. В. Васильева, А. О. Жукова, Д. Ху и др. Аддитивные производственные технологии в образовательном процессе // Перспективные машиностроительные технологии: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2022 года. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. С. 204-210.
- [24] Аршанский Е. Я., Сологуб Н. С. STEAM-образование: от модели к практической реализации // Адукацыя і выхаванне. 2020. № 9 (345). С. 22-30.
- [25] Бердюгина О. В. Использование системы автоматизированного проектирования КОМПАС-3D в подготовке инженеров для агропромышленного комплекса // Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск, 17 декабря

2019 года / Под общей редакцией А. И. Вострецова. Нефтекамск: Научно-издательский центр «Мир науки» (ИП Вострецов Александр Ильич), 2019. С. 715-721.

- [26] Анисимова Т. И., Сабирова Ф. М., Шатунова О. В. Подготовка педагогов для STEAM-образования // Высшее образование сегодня. 2019. № 6. С. 31-35. DOI: 10.25586/RNU.HET.19.06.P.31.
- [27] Брянцева Р. Ф. Интегрированный подход в обучении информатике на примере использования Компас-3D // Наука и перспективы. 2017. № 2. С. 27-30.

Development of Engineering Thinking of Students of Technological Classes in Teaching 3D Modeling

T. A. Semenкова, A. Yu. Fedosov

Russian Social State University

The article substantiates the relevance of the development of engineering thinking among schoolchildren in the context of the digital transformation of the economy, emphasizes that engineering thinking, the ability to systematically solve problems and creatively approach the design of new solutions is a key aspect of successfully solving complex problems in various spheres of human life. The authors note that this process has a scientific and applied nature and is interdisciplinary, requires the integration of various educational solutions. The article highlights the key elements of the development of engineering thinking, including the practical application of knowledge, teamwork, the use of a research approach, problem-oriented projects, and shows that the construction of a 3D modeling teaching methodology can be based on the application of various learning styles and the use of a range of interactive educational technologies and distance learning technologies. Special attention is paid to the methods of active learning in the context of the implementation of STEAM education, which combines scientific and creative processes, motivating students to research and solve creative problems. The authors emphasize that STEAM education provides students with not only knowledge, but also practical skills necessary to solve complex problems using innovative technologies.

Keywords: engineering thinking, 3D modeling, STEAM education, engineering and computer graphics, e-learning,

Reference for citation: Semenкова Т. А., Федосов А. Ю. Development of Engineering Thinking of Students of Technological Classes in Teaching 3D Modeling // Information Society: Education, Science, Culture and Technology of Future. Vol. 8 (Proceedings of the XXVII International Joint Scientific Conference «Internet and Modern Society», IMS-2024, St. Petersburg, June 24–26, 2024). — St. Petersburg: ITMO University, 2024. P. 45–63. DOI: 10.17586/2587-8557-2024-8-45-63.

Reference

- [1] Fedosov A. Yu., Semenкова Т. А. Formirovanie bazovyh navykov prototipirovaniya na stupeni osnovnogo obshchego obrazovaniya // Informacionnye sistemy i tekhnologii: materialy mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa po informatike. V 3 ch., Minsk, 27–28 oktyabrya 2022 goda. Tom 3. Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj universitet, 2022. S. 206–211. (In Russian)
- [2] Lebedeva T. N. Inzhenernoe myshlenie: opredelenie i sostav ego komponentov // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2015. № 4–3. S. 66–68. (In Russian)

- [3] Chekulaeva M. E., Sidorova N. V. Razvitie inzhenerного myshleniya uchaschihsya putem privlecheniya ih k sostavleniyu prikladnyh zadach // Vestnik nauki i obrazovaniya. 2020. № 12–1 (90). S. 61–65. (In Russian)
- [4] Andryuhina L. M., Guzanov B. N., Anahov S. V. Inzhenerное myshlenie: vektory razvitiya v kontekste transformacii nauchnoj kartiny mira // Obrazovanie i nauka. 2023. T. 25, № 8. S. 12–48. DOI 10.17853/1994-5639-2023-8-12-48. (In Russian)
- [5] Filatova O. N., Ryabkov O. YU., Ermolaeva E. L. Formirovanie inzhenerного myshleniya u obuchayushchihsya na zanyatiyah obrazovatel'noj robototekhniki // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. 2020. № 68–4. S. 245–247. (In Russian)
- [6] Lukashenko T. M. Formirovanie inzhenerного myshleniya na urokah anglijskogo yazyka // Mentor. 2019. № 3. S. 59–61. (In Russian)
- [7] Paterson R. E. Intuitive cognition and models of human–automaton interaction // Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2017. Vol. 59 (1). P. 101–115.
- [8] Bushmeleva N. A. et al. Peculiarities of Engineering Thinking Formation Using 3D Technology // European journal of contemporary education. 2020. Vol. 9 (3). P. 529–545.
- [9] Derevyanko K. I., Orlovskaya V. P., Filippova I. G. Kreativnoe myshlenie kak element Soft Skills specialista industrii sobytij // Ekonomika i upravlenie. 2022. T. 28, № 3. S. 267–280. (In Russian)
- [10] Legkova I. A., Nikitina S. A., Zarubin V. P., Ivanov V. E. / Vizualizaciya uchebnogo materiala sredstvami sistemy KOMPAS-3D // Sovremennye problemy vysshego obrazovaniya: materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii, Kursk, 28 aprelya 2015 goda / S.G. Emel'yanov (otv. redaktor). Kursk: Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 2015. P. 34–38. (In Russian)
- [11] Romanova G. V. Razvitie inzhenerного tvorchestva kak aktual'naya problema vysshego i dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya: opyt zapadnyh stran // Upravlenie ustojchivym razvitiem. 2017. № 1 (08). S. 114–118. (In Russian)
- [12] Bayambaeva A. S., Abdisheva Z. V. Razvitie kriticheskogo myshleniya shkol'nikov kak sposob organizacii interaktivnogo obrazovatel'nogo processa // Vestnik SKU im. M. Kozybaeva. 2020. № 4 (49). S. 265–270. (In Russian)
- [13] Nikitina G. V., Elshanskaya O. S. Formirovanie predposylok inzhenerного myshleniya u doshkol'nikov posredstvom konstruirovaniya // Gumanitarnye nauki i obrazovanie. 2019. T. 10, № 4 (40). S. 77–83. (In Russian)
- [14] Rozhik A. Yu. Istoricheskie etapy resheniya problemy formirovaniya inzhenerного myshleniya // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki. 2017. T. 9, № 2. S. 98–113. DOI 10.14529/ped170210. (In Russian)
- [15] Zenkina S. V., Savchenkova M. V. Ispol'zovanie 3D redaktorov v urochnoj i vo vneurochnoj deyatel'nosti // Infokom. 2018. № 1 (2). S. 45–53. (In Russian)
- [16] Korchazhkina O. M. Rol' vizualizacii v formirovanii inzhenerного myshleniya pri izuchenii veroyatnostnyh processov // Nastoyashchee i budushchee fiziko-matematicheskogo obrazovaniya: Materialy dokladov V vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kirov, 26–27 oktyabrya 2018 goda / Otv. red. YU. A. Saurov. Kirov: OOO «Raduga-PRESS», 2018. S. 121–125. (In Russian)
- [17] Sizova M. YU. Formirovanie inzhenerного myshleniya shkol'nikov v processe proektnoj deyatel'nosti po matematike // Formirovanie inzhenerного myshleniya v processe obucheniya: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Ekaterinburg, 01 aprelya 2016 goda / Otv. red. T. N. SHamalo. Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, 2016. S. 162–166. (In Russian)
- [18] Shabalina M. R., Sokolova A. N. Osobennosti prepodavaniya matematiki v kontekste formirovaniya konstruktivnogo myshleniya u studentov inzhenernyh profilej // Al'manah mirovoj nauki. 2016. № 10–2 (13). S. 72–75. (In Russian)

- [19] Savchenko E. V. Razvitie abstraktno-logicheskogo myshleniya studentov v processe resheniya zadach po kursu obshchej fiziki // Modern Science. 2020. № 12–4. S. 358–362. (In Russian)
- [20] Han O. N. Razvitie tvorcheskogo inzhenerного myshleniya pri izuchenii disciplin «Russkij yazyk i delovye kommunikacii», «Russkij yazyk i etika delovogo obshcheniya» // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2022. № 89–2. S. 149–151. (In Russian)
- [21] Knyazeva O. V. Development of Engineering Thinking in the Lessons of History: From Pedagogical Practice // Novye pedagogicheskie issledovaniya: sbornik statej. Penza: «Nauka i Prosveshchenie», 2020. P. 78-80. (In Russian)
- [22] Vygotskij L. S. Sbranie sochinenij: v 6-ti tomah. T. 6: Nauchnoe nasledstvo. M.: Pedagogika, 1984. 400 s. (In Russian)
- [23] E. V. Vasil'eva, A. O. Zhukova, D. Hu i dr. Additivnye proizvodstvennyye tekhnologii v obrazovatel'nom processe // Perspektivnye mashinostroitel'nye tekhnologii: sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 21–25 noyabrya 2022 goda. Sankt-Peterburg: POLITEKH-PRESS, 2023. S. 204–210. (In Russian)
- [24] Arshanskij E. Ya., Sologub N. S. STEAM-obrazovanie: ot modeli k prakticheskoy realizacii // Adukacyya i vyhavanne. 2020. No 9(345). P. 22-30. (In Russian)
- [25] Berdyugina O. V. Ispol'zovanie sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya KOMPAS-3D v podgotovke inzhenerov dlya agropromyshlennogo kompleksa // Nauka, obrazovanie, innovacii: aprobaciya rezul'tatov issledovanij: Materialy Mezhdunarodnoj (zaochnoj) nauchno-prakticheskoy konferencii, Neftekamsk, 17 dekabrya 2019 goda / Pod obshchej redakciej A. I. Vostrecova. Neftekamsk: Nauchno-izdatel'skij centr «Mir nauki» (IP Vostrecov Aleksandr Il'ich), 2019. S. 715–721. (In Russian)
- [26] Anisimova T. I., Sabirova F. M., SHatunova O. V. Podgotovka pedagogov dlya STEAM-obrazovaniya // Vysshee obrazovanie segodnya. 2019. № 6. S. 31–35. DOI: 10.25586/RNU.HET.19.06.P.31. (In Russian)
- [27] Bryanceva R. F. Integrirovannyj podhod v obuchenii informatike na primere ispol'zovaniya Kompas-3D // Nauka i perspektivy. 2017. № 2. S. 27–30. (In Russian)