

УДК 37.013

DOI: 10.34670/AR.2023.28.51.038

Роль начертательной геометрии в развитие графической культуры новый взгляд на графические образы

Милюков Павел Александрович

Старший преподаватель кафедры двигателей внутреннего сгорания,
Тихоокеанский государственный университет,
680035, Российская Федерация, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136;
e-mail: info@pnu.edu.ru

Аннотация

Формирование графических методов отображения информации сегодня в мире большое многообразие. Образование и развитие графического языка берет начало с древних времен. В процессе технического прогресса становление графического языка, начиная с древних рисунков, превращается в основной электронный документ делового общения в науке, технике, дизайне и строительстве. В статье рассматриваются основные этапы становления графической культуры и их взаимосвязи. Дается исторический очерк развития чертежа в России. Уделяется внимание AR-технологии и аспектам использования в образовательном процессе. В статье обосновывается применение традиционных методов обучения и инновационных технологий дополнительной реальности в учебном процессе, как неразрывное составляющее на занятиях начертательной геометрии и инженерной графики. С помощью интеграций новых AR-технологий на занятиях начертательной геометрии и инженерной графики способы обучения уже не будут выглядеть для студентов устаревшими, обучающиеся будут увлечены на занятиях, что повлияет на их мотивацию и повысит успеваемость. С точки зрения философии мир людей становится все более с компьютеризировано-информационным мышлением. Внедрение в образование информационно-компьютерных и цифровых технологий становится обязательным. Таким образом, для университетов и других учебных заведений важно искать новые методы визуализации, чтобы улучшить существующие модели обучения. Перед преподавателями возникают новые педагогические задачи, а именно введение новых форм преподавания, речь идет не о подмене, а о совершенствовании преподавания и не приводящей к потере качества обучения.

Для цитирования в научных исследованиях

Милюков П.А. Роль начертательной геометрии в развитие графической культуры новый взгляд на графические образы // Педагогический журнал. 2023. Т. 13. № 5А. С. 351-361. DOI: 10.34670/AR.2023.28.51.038

Ключевые слова

Рисунок, чертеж, компьютерная графика, дополнительная реальность, AR-технологии, методы визуализации.

Введение

Одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного общества является информатизация образования.

Информатизация образования представляет собой область научно-практической деятельности человека, направленной на применение методов и средств сбора, хранения, обработки и распространения информации использованием современных информационных технологий ориентированных на реализацию психолого-педагогических целей обучения и воспитания [Роберт, 2010].

Актуальность исследования. С широким применением информационно-компьютерных и цифровых технологий в образовании постепенно меняется парадигма педагогической науки, изменяется структура и содержание образования. Новые методы изложения материала постепенно вытесняют широко используемые традиционные способы обучения. В частности, это касается дисциплины «Начертательная геометрия». Это обязывает находить новые методики и подходы проведения учебного процесса.

Цель статьи – изучение накопленных знаний и практических умений в области инженерно-графического образования, их применение и влияние на развитие науки и техники; проанализировать и обобщить возможности информационно-компьютерных технологий и технологии дополнительной реальности в образовании, обосновать применение традиционных методов обучения и информационно-компьютерных и цифровых технологий как неразрывное составляющее в образовательном процессе, на занятиях начертательной геометрии и инженерной графики.

Обзор литературы

До наших дней мало сохранилось исторически ценных документов, авторов которых мы не знаем. Изучая, рассматривая, можно отследить формирование графических методов отображения информации. И, что характерно, самые важные основы были заложены еще в древности.

Развитие графической культуры в мире можно разделить на следующие периоды: древний мир 3000 лет до н.э., античный мир VII век до н.э., средние века V век н.э., новое время XVI век н.э., время развития наук с XIX века, XXI век – век цифровой (дискретной) информации.

Если проследить путь развития чертежа от древних времен до наших дней, можно выделить два основных направления: первое – строительные чертежи, предназначенные для строительства жилища, промышленные здания, мосты и другие сооружения; второе – промышленные чертежи, по которым создавали различные инструменты, приспособления, машины.

Происхождение начертательной геометрии уходит в глубокую древность и связано с практической деятельностью человека. О древней египетской геометрии говорится в труде Ахмеса египетского математика в учебном руководстве по арифметике и геометрии периода XII династии Среднего царства (1985–1795 гг. до н. э.).

Древний Египет поражает своими грандиозными постройками – пирамидами, храмовыми комплексами и различными по функциональности инженерными сооружениями. Сохранившаяся архитектура Древнего Египта демонстрирует высокую степень архитектурного и инженерного мастерства.

Если предположить, что первый человек творил в очень ограниченном технологическом диапазоне, беря за основу то, что лежит на поверхности, то произведения, созданные им тогда, сегодня можно считать совершенными.

Греция славится выдающимися учеными мыслителями. Греки считают первым геометром Греции, Фалеса Милетского (VII-VI вв. до н.э.). Многие философы о нем писали как о «первом мудреце», «первом философе», «первом геометре», и отмечали, что образование он получил в Египте.

Большой вклад в начертательную геометрию внесли такие греческие математики, как Пифагор Самосский (570–490 гг. до н.э.) – ученик Фалеса, которому принадлежат первые открытия в геометрии, Евклид Александрийский (III в. до н.э.) написавший учебник «Начала», Ктесибий (285–222 гг. до н.э.) изобретатель, Марк Витрувий (ок. 80-70 гг. до н.э.) – архитектор и механик, известен своим трактатом «Десять книг об архитектуре». Архимед (287–212 гг. до н.э.) гениальный физик и математик. Их труды повлияли на развитие в технике и строительстве [Иващенко, Якунин, Григорьевский, 2017].

Античность переходит в Средневековье с падением Западной Римской Империи. Для обозначения этого периода после конца Античности до Возрождения, Петрарка использовал термин «темные века». Несмотря на общественные проблемы и глобальные бедствия, включая массовый голод, чуму и войны, так или иначе, культурное и технологическое развитие преобразовало европейское общество. В средние века активно стали появляться и развиваться новые стили и направления в архитектуре. Живопись стала одним из главнейших видов искусства.

Художники эпохи Возрождения внесли существенный вклад в теорию перспективы. Перспектива есть та научная дисциплина, которая указывает, как на двухмерной плоскости можно изобразить трехмерное изображение так, как оно в действительности воспринимается нашим взглядом. Следует отметить, что перспектива – это прикладная часть начертательной геометрии. Как правило, законы построения перспективы открывали художники, которые становились основателями этой замечательной науки. Сама начертательная геометрия как наука возникает позже.

Нельзя не отметить великого художника, ученого, изобретателя Леонардо да Винчи (1452–1519 гг.). Огромное литературное наследие дошло до наших дней в хаотическом виде, написанное левой рукой художника. В рукописном наследии «Трактат о живописи» собраны философские заметки о живописи, перспективных изображениях, света и тени, и о человеке. Его изобретения: колесцовый пистолетный замок, парашют, велосипед, вертолет, арбалет и др. Дневники Леонардо да Винчи содержали анатомические зарисовки, чертежи, исследования по геологии, архитектуре, геометрии, философии, оптике, технике рисунка и другое.

В основе развития чертежа, несомненно, лежит рисунок – главный компонент изобразительной грамоты. Рисунок является основой всякого реалистического изображения, как говорил Микеланджело, это высшая точка и живописи, и скульптуры, и архитектуры; рисунок – источник и корень всякой науки. Многие недооценивают роль и значение рисунка в работе инженера, строителя, техника. Спросите – какое отношение имеет рисунок к наукам? Имеет, и роль рисунка в развитии научно-технической мысли огромна [Ростовцев, 1973]. В области декоративно-прикладного искусства, зодчества и архитектуры [Гусакова, 2018] черчение-рисование позволяло исследователям в области строительства анализировать, воссоздавать образы прошлого, будто демонтировать конструкцию для получения необходимых знаний.

Одним из ярких примеров использования такой тесной взаимосвязи рисунка и чертежа в образовательном процессе являются художественно-графические факультеты. Учебные планы этих факультетов сочетают в себе дисциплины начертательной геометрии, рисунка и компьютерной графики.

До конца 18 столетия продолжается применение отдельных методов и способов, построений наглядно-графических изображений – аксонометрических, перспективных. Разрабатываются способы секущих плоскостей, разрабатываются проекции с числовыми отметками, был предложен метод прямоугольных координат. Но все приемы и способы построения изображений носят разрозненный характер.

В конце 18 века всем известный французский геометр и инженер Гаспар Монж (1746-1818) опубликовал свой труд «Начертательная геометрия», в котором систематизировал и обобщил накопленные знания специалистов по теории и практике изображений пространственных форм на плоскости и показал решения технических задач графическим способом. Так в конце XVIII – начале XIX вв., когда появилась и стала развиваться начертательная геометрия, метод ортогональных проекций получил научное обоснование [Миронов, 2004].

Отдавая должное Гаспару Монжу, обобщившему метод прямоугольного проецирования предметов на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, отметим, что еще задолго до появления начертательной геометрии в отдельных русских чертежах уже применялись некоторые правила, которые обобщил Гаспар Монж.

В России первые достоверные сведения о чертежах относятся к XVI веку. Тогда же появляется слово «Чертеж», оно исконно русское и входит в обиход с появлением бумаги. Русские зодчие пользовались чертежными инструментами и умели выполнять достаточно сложные чертежи.

Большим стимулом к развитию графической культуры в России явилась деятельность Петра I. В начале 18 века в России бурно развивается кораблестроение, горнорудная промышленность, строятся машины и заводские силовые установки. Вводится преподавание черчения в специальных учебных заведениях, появляются первые учебники по черчению: «Приемы циркуля и линейки» и «Практическая геометрия». В это время появляются первые чертежи заводских сооружений, где изображения выполнялись в двух видах.

С развитием техники чертежи усложнялись, и их выполнение требовало более высокой точности исполнения. Стали применять масштабы, проекционную связь, выполняя разрезы, без которых невозможно было понять внутреннее устройство изделия и принцип его работы. Эти чертежи были уже близки к современным чертежам.

С развитием машинного производства чертеж приобретает значение важного технического документа, содержащего данные не только о форме и размерах детали, но и о чистоте обработки поверхностей, термической обработке и сведения, необходимые для изготовления этой детали.

Первым русским ученым, связавшим свою судьбу с начертательной геометрией, был Яков Александрович Севастьянов (1796-1849) – профессор Корпуса инженеров путей сообщения и автор переводных и оригинальных трудов. Начертательная геометрия как фундаментальная дисциплина была введена в программы многих учебных заведений – Инженерного и Артиллерийского училищ, Санкт-Петербургского и Московского университетов, Императорского Московского технического училища и др.

В 1822 г. курс начертательной геометрии в Казанском университете читал Н.И. Лобачевский. Однако ведущее положение в подготовке кадров и развитии начертательной геометрии в России XIX в. сохранял Корпус инженеров путей сообщения, где учились и

передавали знания следующим поколениям внесшие заметный вклад в науку Редер А.Х. (1809-1873), Дуров Н.П. (1834-1879), Макаров Н.И. (1824-1904), Рынин В.И. (1877-1942). В области начертательной геометрии 14 классических трудов создал Валериан Иванович Курдюмов (1853-1904).

В XX в. черчение следовало за техническим прогрессом, т.е. существенный и быстрый рост потребности в чертежах обусловил совершенствование приемов изображения, а также используемых технологий и оборудования. Например, если в начале века для хранения и размножения использовали чертежи, выполненные тушью на тонком батисте, то в середине века стало возможным оперативно изготавливать необходимое число копий с оригинала, вычерченного карандашом на листе бумаги.

В Советском Союзе разрабатываются стандарты, способствующие развитию международного экономического, научно-технического сотрудничества. Требования, нормы и правила, устанавливаемые стандартами, подняло значение графических дисциплин на другой уровень науки и техники. В стране резко выросло количество диссертационных работ по теоретической и прикладной графике. Первой такой работой явилась докторская диссертация Каргина Д.И. о точности графических расчетов, применяемых в различных отраслях инженерного дела. Профессор Каргин Д.И. проводил исследования по точности графических расчетов, был выдающимся специалистом в области шрифтовой графики.

С середины XX в. интенсивно развивается машинная (компьютерная графика). Разработанные системы автоматизированного проектирования (САПР) предназначены для выполнения проектных работ с применением математических методов и компьютерной техники.

Развитие САПР-технологий при проектировании изделий машиностроения и систем с ЧПУ, позволяющих выполнять технологическую обработку, контроль и сборку изделий по 3D-моделям, привело к введению в ЕСКД новых ГОСТов и поправок к уже существующим стандартам. Тенденции развития новых подходов к проектированию изделий таковы, что происходит переход к бесчертежным технологиям.

Компьютерная графика внесла качественные изменения в способы передачи информации геометрического характера. Она дает возможность изучить построение моделей изображений посредством их генерации в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. Результатом такого моделирования является электронная геометрическая модель, которая используется на всех стадиях ее жизненного цикла [Милуков, 2022].

Отдельным предметом считается трехмерная графика, изучающая приемы и методы построения объемных моделей объектов в виртуальном пространстве. Компьютер позволяет получить любое изображение объекта, т.е. обеспечивает возможность «рассматривать» его со всех сторон.

Современная наука и производство диктуют все более широкое использование графических редакторов в ежедневной работе инженера. И здесь главная задача любого учебного заведения – это подготовка грамотных специалистов, готовых к решению конкретных практических вопросов в своей будущей профессиональной деятельности. Следовательно, студенты за годы учебы должны получать актуальные знания, умение пользоваться компьютерными программами. Профессиональная деятельность (подготовка) преподавателя высшей школы, является необходимым условием обеспечения высокого уровня образованности будущих специалистов. Современное образование расставляет приоритеты так, что преподаватель

должен уметь владеть различными САД-системами и ставить задачи соответствующего уровня своей профессиональной подготовки.

Но, прежде чем использовать системы автоматизированного проектирования для выполнения чертежа и другой конструкторской документации в учебном процессе, студент должен достичь определенного уровня знаний теории инженерной графики и начертательной геометрии и иметь достаточный уровень умений и навыков в выполнении и чтении чертежа. Он должен быть способен свободно решать в уме прямую и обратную задачи: по оригиналу получить изображение на плоскости или на поверхности, и наоборот, по изображению (проекции) восстановить оригинал в пространстве. Умения на них решать позиционные и метрические задачи, тем самым, судить о геометрии оригинала в пространстве, его трехмерном образе, по двумерному отображению, полученному в результате проецирования – это основа эффективного диалога студента с компьютером. При широком использовании САПР в учебном процессе нельзя допускать подмены изучения предмета изучением применения графических пакетов, что в настоящее время практикуется.

В условиях информатизации образования меняется парадигма педагогической науки, изменяется структура и содержание образования. Новые методы обучения, основанные на активных, самостоятельных формах приобретения знаний и работе с информацией, вытесняют демонстрационные и иллюстративно-объяснительные методы, широко используемые традиционной методикой обучения, ориентированной в основном на коллективное восприятие информации [Ступин, 2012].

Можно сказать, что прежняя система образования с развитием информационных технологий не способна обеспечить достижение новых образовательных стандартов и постепенно вытесняется новой информационно-цифровой системой образования.

В эпоху трансформации образования определяется новый взгляд на систему образования в целом и на отдельные образовательные результаты, отвечающие новым запросам общества, при этом заставляет искать новые средства и методы, обладающие специфической гибкостью к традиционно построенному содержанию образования и традиционно образовательному процессу.

В настоящее время развиваются две наиболее перспективные технологии, которые позволяют повысить уровень мышления и качество знаний в современном информационном обществе: AR и VR. AR позволяет пользователю видеть реальный мир с виртуальными объектами, наложенными или объединенными с реальной средой. VR – еще один инновационный визуальный инструмент, который можно использовать в высшем образовании. VR блокирует реальный мир и погружает пользователя в мир виртуальных объектов в виртуальной среде [Холодилин, Горожанкин, 2022].

Технология дополненной реальности (augmented reality, AR) – по сути является компьютерной технологией, которая позволяет пользователю увидеть реальный мир с наложенными на него несуществующими, виртуальными объектами, что создает эффект их присутствия в едином пространстве и позволяет наглядно оценить возможности проекта или лучше понять изучаемый материал [Меркулова, Третьякова, Шестакова, 2022]. Информация может быть предоставлена пользователю через специализированные устройства, способные проецировать графику.

Непрерывный процесс внедрений новых технологий в наши дни позволяет использовать ИТ в образовании. Технологии виртуальной реальности и дополненной реальности могут помочь преподавателям повысить мотивацию обучаемых к образовательному процессу,

взаимодействию между собой обучающихся, обменом опыта, знаниями, идеями. С помощью этих AR- и VR-технологий также становится возможным показать, что процесс обучения может быть не только полезным, но и интересным [Martin-Gutierrez, 2017].

Разработка AR приложения. Создание AR приложения довольно трудозатратный и объемный процесс. Для воспроизведения какого-то виртуального объекта не требуется особых навыков, но для создания такого приложения необходимо знать определенную последовательность разработки AR и инструментарий, который уметь применять.

Технология дополненной реальности является программным обеспечением, это интерактивная система, которая объединяет в себе специальные математические алгоритмы, которые связывают камеру, маркеры и цифровое устройство.

Итак, для нас стояла задача разработать приложение маркерной технологии дополненной реальности на примере чертежа детали (рис.1).

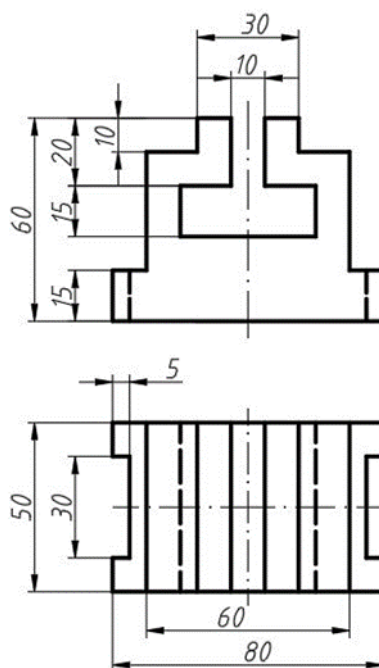


Рисунок 1 - Чертеж детали

В процессе подбора приемлемой платформы для создания приложения дополненной реальности, оптимальным решением для поставленных задач использовали платформу версии Unity с дополнительными модулями Vuforia Augmented Reality Support и Android Build Support, и Blender.

Blender – программа для создания трехмерной компьютерной графики, в котором была создана 3D модель, которая впоследствии будет отображаться при наведении камеры электронного девайса на изображение.

Unity – программа, позволяющая создавать приложения. С ее помощью соединяют разработанную 3D модель и маркер в одно приложение (рис.2).

Vuforia – платформа дополненной реальности, которая отслеживает плоские изображения в режиме реального времени с помощью которой был создан маркер-изображение, на которое будет реагировать устройство и выводить виртуальный объект (рис. 3).

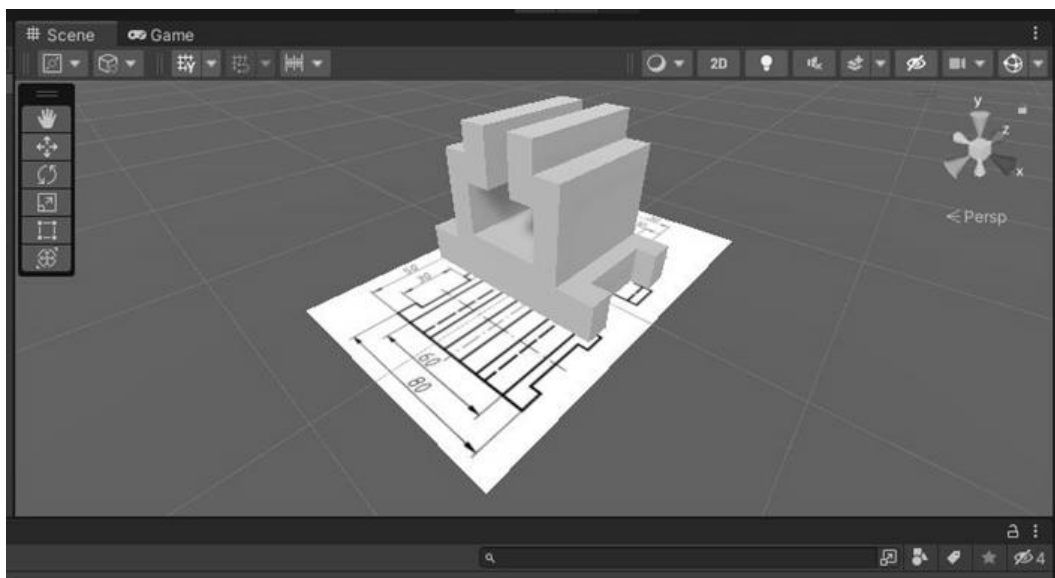


Рисунок 2 - Положение маркера и 3D модели в Unity

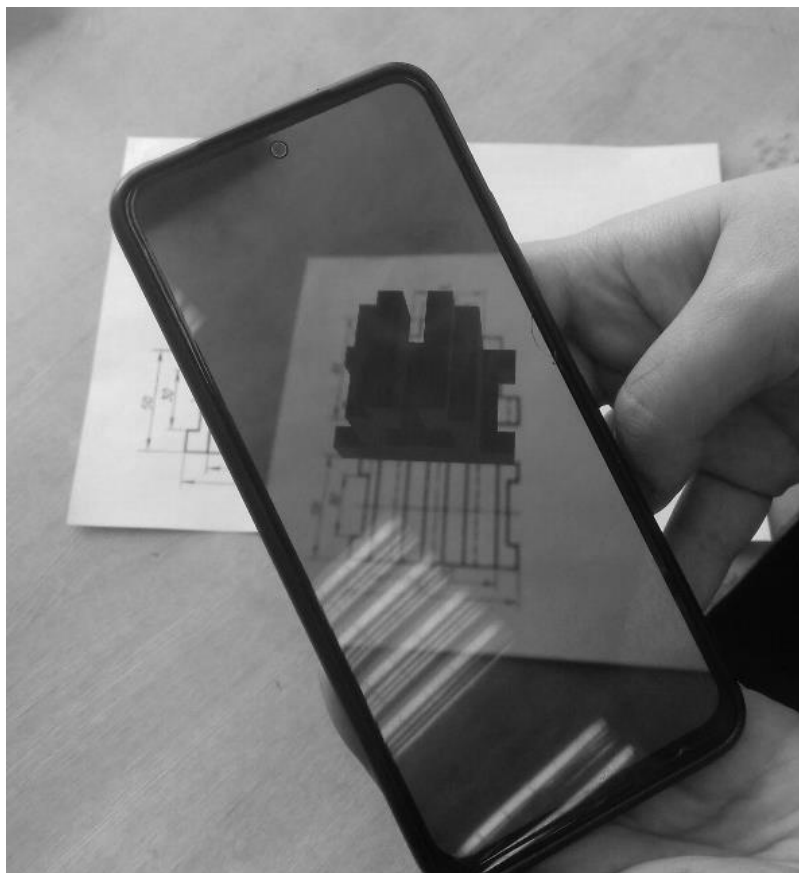


Рисунок 3 - Сканирование маркера с помощью телефона

Данный пример с применением технологий дополнительной реальности на занятиях начертательная геометрия и инженерная графика, показывает, возможность улучшить, сделать интересными занятия, а главное облегчить понимание изучаемого курса. Примеры на основе AR приложений способствует развитию пространственного мышления, восприятию и

логического понимания изучаемого предмета. Таким образом, разработанное AR приложение и продемонстрировано на занятии по начертательной геометрии и инженерной графике, вполне оправдала себя, как необходимый инструмент и было положительно оценена студентами.

На занятиях по начертательной геометрии (или любому другому изучаемому курсу) обучающиеся, имея в наличии учебное пособие или сборник задач с маркерами (метками дополненной реальности), могут с помощью камеры смартфона или другого цифрового устройства получить полноценные 3D-модели, как дополнительные визуальные изображения.

Заключение

Любая деятельность человека обусловлено с передачей графической информации, независимо от способа представления, можно сделать вывод, что развитие чертежа в современном его понимании тесно связано с техническим прогрессом. Начиная с древних рисунков, чертеж превращается в основной электронный документ делового общения в науке, технике, дизайне и строительстве. Использование взаимосвязи рисунка и чертежа, и компьютерную графику, в образовательном процессе обогащает дисциплины, усиливает процесс обучения, что позволяет выпускать более творчески подготовленных специалистов. В этом заключается ретроспективный метод преподавания в учебном процессе.

С помощью интеграций новых AR-технологий на занятиях начертательной геометрии и инженерной графики способы обучения уже не будут выглядеть для студентов устаревшими, обучающиеся будут увлечены на занятиях, что повлияет на их мотивацию и повысит успеваемость. С точки зрения философии, мир людей становится все более с компьютеризировано-информационным мышлением. Внедрение в образование информационно-компьютерных и цифровых технологий становится обязательным. Таким образом, для университетов и других учебных заведений важно искать новые методы визуализации, чтобы улучшить существующие модели обучения. Перед преподавателями возникают новые педагогические задачи, а именно введение новых форм преподавания, речь идет не о подмене, а о совершенствовании преподавания и не приводящей к потере качества обучения.

Основам графической грамотности обучают в науке «Начертательная геометрия», которая является одной из составляющих инженерно-технического образования. Изучение начертательной геометрии развивает общее научное мышление человека, совершенствует его пространственное воображение и, как всякая наука, она развивалась исходя из практических потребностей общества. Знание этой науки является фундаментом, на котором базируется инженерное образование и творческий подход современного человека.

Библиография

1. ГОСТ 2.102-2013. Виды и комплектность конструкторских документов. М.: Стандартинформ, 2014. 15 с.
2. Гусакова И.М. Взаимосвязь рисунка и чертежа в истории изобразительной практики // Перспективы науки и образования. 2018. № 2 (32). С. 210-214.
3. Иващенко Г.А., Якунин В.И., Григорьевский Л.Б. Влияние начертательной геометрии на развитие машиностроение // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 2 (34). С. 41-46.
4. Меркулова В.А., Третьякова З.О., Шестакова И.Г. Инновации в инженерно-техническом образовании с использованием AR-технологии на примере дисциплин начертательной геометрии и инженерной графики // Перспективы науки и образования. 2022. № 4 (58). С. 243-265.
5. Мильков П.А. Электронная модель детали // Ученые заметки ТОГУ. 2022. Том 13. № 4. С. 23-26.
6. Миронов Б.Г. Инженерная и компьютерная графика. М.: Высшая школа, 2004. 334 с.

7. Роберт И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы перспективы использования. М., 2010. 140 с.
8. Ростовцев Н.Н. Академический рисунок. М.: Просвещение, 1973. 303 с.
9. Ступин И.А. Дополненная реальность как эффективное инновационное средство для повышения качества образования // Философия образования. 2012. № 4. С. 67-74.
10. Холодилин И.Ю., Горожанкин А.Н. Будущее электротехнического образования на базе AR- и VR-технологий // Инженерное образование. 2022. № 32. С. 74-83.
11. Martin-Gutierrez J. Editorial: learning strategies in engineering education using Virtual and Augmented Reality technologies // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2017. V. 13. Is. 2. P. 297-300.

The role of descriptive geometry in the development of graphic culture: a new look at graphic images

Pavel A. Milyukov

Senior Lecturer of the Department of Internal Combustion Engines,
Pacific State University,
680035, 136, Tikhoookanskaya str., Khabarovsk, Russian Federation;
e-mail: info@pnu.edu.ru

Abstract

The formation of graphical methods for displaying information is very diverse in the world today. The formation and development of the graphic language dates back to ancient times. In the process of technological progress, the formation of a graphic language, starting with ancient drawings, turns into the main electronic document of business communication in science, technology, design and construction. The article discusses the main stages of the formation of graphic culture and their interrelationships. A historical sketch of the development of the drawing in Russia is given. Attention is paid to AR-technology and aspects of its use in the educational process. The article substantiates the application of traditional methods and innovative technologies of additional reality in teaching materials as an inseparable component, in the classroom of descriptive geometry and engineering graphics. With the integration of new AR technologies in the classes of descriptive geometry and engineering graphics, teaching methods will no longer look outdated for students, students will be passionate in the classroom. From the point of view of philosophy, the world of people is becoming more and more computerized-informational thinking. The introduction of information-computer and digital technologies into education is becoming mandatory. Thus, it is important for universities to look for new visualization methods to improve existing learning models. There are new pedagogical tasks, namely the introduction of new forms of teaching, it is not about substitution, but about improving teaching and not leading to a loss in the quality of education.

For citation

Milyukov P.A. (2023) Rol' nachertatel'noi geometrii v razvitie graficheskoi kul'tury novyi vzglyad na graficheskie obrazy [The role of descriptive geometry in the development of graphic culture: a new look at graphic images]. *Pedagogicheskii zhurnal* [Pedagogical Journal], 13 (5A), pp. 351-361. DOI: 10.34670/AR.2023.28.51.038

Keywords

Drawing, computer graphics, additional reality, AR technologies, visualization methods.

References

1. (2014) *GOST 2.102-2013. Vidy i komplektnost' konstruktorskiikh dokumentov* [GOST 2.102-2013. Types and completeness of design documents]. Moscow: Standartinform Publ.
2. Gusakova I.M. (2018) *Vzaimosvyaz' risunka i chertezha v istorii izobrazitel'noi praktiki* [The relationship of drawing and drawing in the history of fine practice]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Perspectives of science and education], 2 (32), pp. 210-214.
3. Ivashchenko G.A., Yakunin V.I., Grigor'evskii L.B. (2017) *Vliyaniye nachertatel'noi geometrii na razvitiye mashinostroeniye* [Influence of descriptive geometry on the development of mechanical engineering]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2 (34), pp. 41-46.
4. Kholodilin I.Yu., Gorozhankin A.N. (2022) *Budushchee elektrotekhnicheskogo obrazovaniya na baze AR- i VR-tekhnologii* [The future of electrical education based on AR and VR technologies]. *Inzhenernoe obrazovanie* [Engineering Education], 32, pp. 74-83.
5. Martin-Gutierrez J. (2017) Editorial: learning strategies in engineering education using Virtual and Augmented Reality technologies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13., 2, pp. 297-300.
6. Merkulova V.A., Tretyakova Z.O., Shestakova I.G. (2022) *Innovatsii v inzhenerno-tekhnicheskome obrazovanii s ispol'zovaniem AR-tekhnologii na primere distsiplin nachertatel'noi geometrii i inzhenernoi grafiki* [Innovations in engineering education using AR technology on the example of the disciplines of descriptive geometry and engineering graphics]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Prospects of science and education], 4 (58), pp. 243-265.
7. Milyukov P.A. (2022) *Elektronnaya model' detali* [Electronic model of the part]. *Uchenye zametki TOGU* [Scientific notes of Pacific State University], 13, 4, pp. 23-26.
8. Mironov B.G. (2004) *Inzhenernaya i komp'yuternaya grafika* [Engineering and computer graphics]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.
9. Robert I.V. (2010) *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii: didakticheskiye problemy perspektivy ispol'zovaniya* [Modern information technologies in education: didactic problems and prospects for use]. Moscow.
10. Rostovtsev N.N. (1973) *Akademicheskii risunok* [Academic drawing]. Moscow: Prosveshchenie Publ.
11. Stupin I.A. (2012) *Dopolnennaya real'nost' kak effektivnoye innovatsionnoye sredstvo dlya povysheniya kachestva obrazovaniya* [Augmented reality as an effective innovative tool to improve the quality of education]. *Filosofiya obrazovaniya* [Philosophy of education], 4, pp. 67-74.