

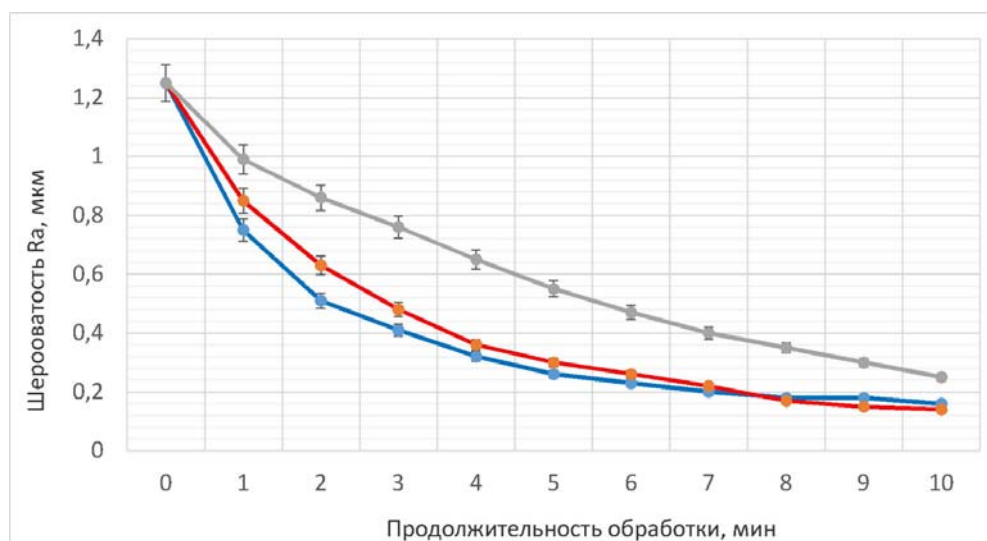


Рис. 2. Изменение шероховатости поверхности в зависимости от режима МАО:

— Powder1; — Powder2; — Powder3

Оптимизация режимов МАО для стали 40Х позволяет достичь высокой точности и качества обработки. Полученные результаты показывают, что данный метод является эффективным инструментом для улучшения характеристик деталей в машиностроении. Важно продолжать исследования в этой области, чтобы выявить новые возможности и потенциалы использования МАО, что значительно повысит конкурентоспособность и надежность производимых изделий.

Таким образом, внедрение оптимизированных режимов магнитно-абразивной обработки в производственные процессы является эффективным шагом к улучшению качества и снижению затрат на обработку деталей.

Литература

1. Пантелеенко, Ф. И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них / Ф. И. Пантелеенко. — Минск : Технопринт, 2001. — 300 с.
2. Сакулевич, Ф. Ю. Основы магнитно-абразивной обработки / Ф. Ю. Сакулевич. — Минск : Наука и техника, 1981. — 328 с.
3. Новые диффузионно-борированные материалы для магнитно-абразивной обработки / Ф. И. Пантелеенко [и др.] // Перспективные материалы и технологии. — 2017. — Т. 2. — С. 241–254.

БУДУЩЕЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ: ОТ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ К ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ, ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Н. В. Ковалев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. Н. Захаренко

Настоящая статья посвящена анализу эволюции инженерной графики — от чертежей на бумаге до современных технологий, включающих цифровое моделирование, искусственный интеллект (ИИ) и виртуальную реальность. Рассмотрены перспективы развития тех-

нологий цифровых двойников, BIM и автоматизированных систем проектирования с применением ИИ. Особое внимание уделено влиянию новых технологий на проектирование, строительство и управление инженерными системами.

Ключевые слова: инженерная графика, виртуальная реальность, цифровые двойники, BIM, искусственный интеллект.

Инженерная графика прошла долгий путь с момента появления первых чертежей на бумаге. В прошлом инженеры вручную создавали чертежи с помощью циркулей, линеек и других инструментов, что делало процесс трудоемким и требующим высокой точности. Даже с появлением кульманов проектирование оставалось сложным и медленным. Однако ситуация кардинально изменилась с приходом компьютерных технологий и систем автоматизированного проектирования (САПР), которые позволили перевести графику в цифровой формат и моделировать объекты в трехмерном пространстве. Появление AutoCAD в 1982 г. стало революцией в этой области, так как программа позволила заменить бумажные чертежи электронными моделями. Позднее появились более мощные программы, такие как SolidWorks и CATIA, которые дали инженерам возможность создавать сложные трехмерные модели и автоматически обновлять чертежи при изменении параметров. Развитие инженерной графики не остановилось на цифровом моделировании. Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) значительно расширили возможности проектирования, визуализации и взаимодействия с цифровыми моделями в реальном времени. Современные устройства, такие как Microsoft HoloLens 2 и RealWear HMT-1, позволяют специалистам не просто наблюдать проект, а буквально «входить» в него, используя аннотации, 3D-инструкции и видеосвязь для выявления ошибок еще на стадии разработки. Благодаря таким платформам, как Dynamics 365 Remote Assist, Vuforia Chalk и CareAR Assist, инженеры, проектировщики и медики получают возможность работать совместно, независимо от местоположения, – от строительной площадки до операционной. Эти технологии находят применение в строительстве, промышленности, медицине и авиации, где точность, скорость принятия решений и удаленная поддержка критически важны для качества и безопасности. Однако цифровое моделирование продолжает развиваться, переходя к созданию цифровых двойников. Эти технологии позволяют создавать точные виртуальные копии реальных объектов, которые можно тестировать и анализировать в реальном времени. Цифровые двойники широко используются в машиностроении, энергетике и строительстве, предоставляя возможность прогнозировать поведение систем в различных условиях и предотвращать потенциальные сбои еще до запуска производства. Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение становятся неотъемлемой частью инженерных процессов. Генеративный дизайн – одна из наиболее перспективных технологий, позволяющая автоматически создавать оптимальные конструкции, анализируя десятки возможных вариантов и выбирая наилучший. Это значительно сокращает время проектирования и снижает вероятность ошибок. Кроме того, анализ моделей с помощью ИИ помогает не только выявлять потенциальные проблемы, но и предлагать более эффективные решения. Информационное моделирование зданий (BIM) и технологии цифровых двойников создают основу для построения «умных городов», где каждый элемент инфраструктуры контролируется в реальном времени. Это позволяет моделировать транспортные потоки, прогнозировать износ инженерных систем и адаптировать городскую среду к изменяющимся условиям. Тем не менее путь развития инженерной графики не был простым. На каждом этапе эволюции

специалисты сталкивались с множеством проблем: от сложности воссоздания сложных геометрических форм до трудностей интеграции различных систем проектирования в единую платформу. Автоматизация расчетов также не всегда была точной, а ранние версии САПР нередко требовали значительных доработок и оптимизации. Кроме того, внедрение новых технологий часто сопровождалось необходимостью переобучения специалистов, что замедляло процесс перехода на цифровые платформы. В перспективе инженерная графика продолжит развиваться, интегрируя технологии облачного моделирования и коллективной работы. Совместное проектирование в реальном времени позволит специалистам из разных частей света синхронизировать свои действия и сокращать время разработки сложных систем. Возможно, в ближайшем будущем инженеры не просто будут создавать модели, а работать в тандеме с искусственным интеллектом, который будет предлагать неожиданные, но оптимальные решения.

Сравнение технологий в инженерной графике

Технология	Описание	Применение	Преимущества
AutoCAD	Программное обеспечение для 2D- и 3D-проектирования	Архитектура, строительство	Простота в использовании, широкая распространенность
SolidWorks	3D-моделирование с возможностью расчетов	Машиностроение, автомобилестроение	Интерактивное моделирование, удобство в изменениях параметров
CATIA	Мощная система для сложного 3D-проектирования	Авиация, автомобилестроение, аэрокосмическая отрасль	Высокая степень детализации, поддержка многопрофильных проектов
BIM	Моделирование зданий и инфраструктуры	Строительство, городское планирование	Совмещение всех процессов проектирования и эксплуатации
Цифровые двойники	Виртуальные реплики объектов в реальном времени	Энергетика, машиностроение	Прогнозирование работы систем в реальных условиях

Литература

1. Трегубов, В. Н. Использование технологии генеративного искусственного интеллекта для проектирования цифровых двойников в логистике the use of generative artificial intelligence technology for the design of digital twins in logistics.
2. Современная эксплуатация объекта на основе bim-технологии / Д. В. Гулякин [и др.] // Components of scientific and technological progress. – С. 64.
3. Овчинникова, П. Р. Роль технологий дополненной и виртуальной реальности в подготовке специалиста по информационным системам / П. Р. Овчинникова, Т. А. Лавина, 2025.
4. Шейнбаум, В. С. Инженерная деятельность и инженерное мышление в контексте экспансии искусственного интеллекта / В. С. Шейнбаум, В. С. Никольский // Высшее образование в России. – 2024. – Т. 33, № 6. – С. 9–27.