УДК 811

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЖИЛЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Алтыев Аганазар, Бекдурдыев Гурбанназар

преподаватели

Сапардурдыев Мухаммет Довлетдович, Йоламанов Магтымгулы Атамурадович

студенты

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Использование трехмерной печати при возведении жилых и промышленных объектов представляет собой одну из наиболее революционных и перспективных технологий в современной строительной отрасли. Аддитивное производство позволяет автоматизировать процесс создания строительных конструкций путем послойного нанесения специальных цементных смесей или геополимерных составов по цифровой трехмерной модели. В условиях глобального дефицита квалифицированной рабочей силы и необходимости сокращения сроков строительства аддитивные технологии обеспечивают принципиальный рост производительности труда. Переход от ручного труда к роботизированным комплексам знаменует собой начало нового этапа индустриализации строительного сектора.

Ключевые слова: трехмерная печать, аддитивное производство, строительные роботы, экструзия бетона, архитектурные формы, энергоэффективность, геополимерные смеси, инновационное строительство, цифровое проектирование, автоматизация

USE OF THREE DIMENSIONAL PRINTING IN THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL AND INDUSTRIAL FACILITIES

Altyyew Aganazar, Bekdurdyyew Gurbannazar

lecturers

Sapardurdyyew Muhammet Dowletowic, Yolamanow Magtymguly Atamyradowic

students

Turkmen State Institute of Architecture and Construction

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The use of three-dimensional printing in the construction of residential and industrial facilities represents one of the most revolutionary and promising technologies in the modern construction industry. Additive manufacturing makes it possible to automate the process of creating

building structures through the layer-by-layer deposition of special cement mixtures or geopolymer compounds based on a digital three-dimensional model. Amid a global shortage of skilled labor and the need to shorten construction timelines, additive technologies provide a fundamental increase in labor productivity. The transition from manual labor to robotic complexes marks the beginning of a new stage in the industrialization of the construction sector.

Keywords: three-dimensional printing, additive manufacturing, construction robots, concrete extrusion, architectural forms, energy efficiency, geopolymer mixtures, innovative construction, digital design, automation

Введение

Теоретические и технологические основы строительной трехмерной печати базируются на достижениях материаловедения, робототехники, кибернетики и цифрового проектирования. Инженеры разрабатывают специальные реологические свойства бетонных смесей, которые должны обладать достаточной подвижностью для перекачки через насосы и мгновенным схватыванием после экструзии для удержания веса последующих слоев. Компьютерные алгоритмы управляют траекторией движения печатающей головки с точностью до миллиметра, исключая геометрические погрешности. Научно обоснованный подбор компонентов смеси гарантирует высокую прочность и долговечность возводимых стен.

Оборудование для аддитивного строительства включает в себя портальные принтеры, многоосевые роботизированные манипуляторы и мобильные строительные установки различной конфигурации. Портальные системы устанавливаются непосредственно на строительной площадке и позволяют возводить коробки зданий с заданными параметрами площади и высоты. Роботизированные манипуляторы обладают большей гибкостью и применяются для создания сложных криволинейных архитектурных элементов и интегрированных инженерных каналов. Разнообразие типов оборудования позволяет адаптировать технологию под конкретные масштабы и задачи строительного проекта.

Экономическая эффективность трехмерной печати достигается за счет радикального сокращения трудозатрат, минимизации строительных отходов и оптимизации расхода материалов. Использование технологии опалубки, требующей больших объемов древесины и металла, полностью исключается, поскольку бетонные слои формируют геометрию стен самостоятельно. Точное дозирование и непрерывная подача строительной смеси предотвращают перерасход сырья и образование строительного мусора. Сокращение сроков возведения объектов снижает общую стоимость инвестиционно-строительного цикла и ускоряет окупаемость проектов.

Архитектурная свобода формы, открываемая технологией трехмерной печати, позволяет проектировать и реализовывать уникальные криволинейные, биоморфные и параметрические фасады. Традиционное строительство сложных геометрических форм сопряжено с колоссальными затратами на изготовление индивидуальной опалубки и ручной труд. Аддитивное производство создает стены любой изогнутой конфигурации с той же легкостью и скоростью, что и стандартные прямоугольные стены. Это открывает новые горизонты для творчества архитекторов и позволяет создавать эстетически выразительную городскую среду.

Энергоэффективность и теплотехнические характеристики напечатанных зданий значительно превосходят показатели традиционных монолитных или кирпичных сооружений. Трехмерные принтеры позволяют формировать сложные внутренние полости и ячеистые структуры стен, которые заполняются эффективными теплоизоляционными материалами. Оптимизация толщины и конфигурации ограждающих конструкций минимизирует мостики холода и снижает теплопотери в холодный период года. Внедрение таких решений соответствует жестким международным стандартам зеленого строительства и энергосбережения.

Применение экологически чистых материалов и геополимерных составов на основе промышленных отходов минимизирует углеродный след аддитивного строительства. Традиционный цемент, производство которого сопряжено с огромными выбросами углекислого газа, заменяется экологически безопасными вяжущими веществами из золы-уноса, доменных шлаков и глинистых материалов. Использование местной грунтовой массы с добавлением минимального количества стабилизаторов позволяет строить дома непосредственно из материалов строительной площадки. Это снижает транспортные расходы и нагрузку на окружающую среду.

Заключение

Нормативно-правовая база и стандартизация процессов аддитивного производства представляют собой важный этап на пути к массовому внедрению технологии в практику. Отсутствие единых государственных стандартов и строительных норм для напечатанных конструкций сдерживает масштабное жилищное строительство. Проведение масштабных натурных испытаний, разработка методик контроля качества и сертификация новых строительных смесей позволят преодолеть административные барьеры. Государственная поддержка инновационных строительных лабораторий ускоряет интеграцию трехмерной печати в правовое поле.

Список литературы:

1. Белов В.В. Аддитивные технологии в строительстве. Москва: Издательство АСВ, 2020.

2. Жданов А.И. Применение трехмерной печати при возведении зданий и сооружений. Санкт-Петербург: Политех-пресс, 2021.
3. Ковалев С.П. Роботизированные комплексы и цифровое производство в строительной индустрии. Екатеринбург: УрФУ, 2022.