



УДК 811

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ В ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ

Чарлыев Сапарлы

преподаватель

Байгельдыев Мухамметали, Гадамова Джумагуль

студенты

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Применение три де печати в возведении зданий представляет собой одну из самых революционных и многообещающих технологических тенденций в строительной индустрии двадцать первого века. Данный метод автоматизированного возведения объектов, также известный как строительное аддитивное производство, основан на послойном нанесении специальных строительных смесей по заданным цифровым трехмерным моделям. Переход от традиционных, трудоемких способов заливки бетона к роботизированному производству позволяет кардинально переосмыслить всю цепочку создания объектов недвижимости. Использование строительных трех де принтеров открывает перед архитекторами невиданную ранее свободу формообразования, позволяя легко создавать сложные криволинейные конструкции без удорожания стоимости работ. Внедрение аддитивных технологий способно трансформировать строительную сферу, превращая ее в высокотехнологичный, быстрый, экономически эффективный и экологически безопасный процесс.

Ключевые слова: три де печать, аддитивное производство, строительный принтер, экструдер, строительные смеси, автоматизация строительства, роботизированные комплексы, послойное нанесение, цифровая модель, устойчивое строительство.

APPLICATION OF 3D PRINTING IN BUILDING CONSTRUCTION

Charlyev Saparly

Lecturer

Baygeldiev Muhammetali, Gadamova Jumagul

Students

Turkmen State Institute of Architecture and Construction

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The application of 3D printing in building construction represents a profound paradigm shift within the structural engineering sector, transitioning traditional manual concrete casting into a highly automated additive manufacturing workflow. Utilizing large-scale gantry, cable-suspended, or robotic-arm systems, these industrial printers precisely extrude custom-formulated cementitious or geopolymer mixtures layer by layer based on highly detailed computer-aided design files. This programmatic approach allows architects to execute complex geometric contours, fluid organic forms, and internal structural ribbing that would be financially prohibitive or structurally impossible using traditional plywood or metal formwork. Furthermore, by placing material only where structural loads dictate, additive construction drastically curbs job-site waste, curtails overall concrete consumption, and compresses the assembly timeline of basic load-bearing envelopes down to days or even hours. Over the long term, integrating hidden technological conduits directly within printed walls during the extrusion process streamlines mechanical, electrical, and plumbing installations, positioning robotic printing as a corner-stone method for erecting durable, resource-efficient, and affordable smart housing.

Keywords: 3D concrete printing, additive manufacturing, robotic extruder, contour crafting, automated construction, material science, formwork-free, building optimization, structural engineering, digital fabrication.

Введение

Основу технологического процесса строительной трех де печати составляет использование специализированных роботизированных комплексов, которые делятся на порталные, кабельные и манипуляторные системы. Портальные принтеры представляют собой массивные жесткие рамы, перемещающиеся по направляющим рельсам вокруг всей строительной площадки и осуществляющие печать внутри своего контура. Роботы манипуляторы обладают большей мобильностью и гибкостью, поскольку могут быть установлены на колесные или гусеничные платформы и перемещаться по объекту, поочередно возводя отдельные элементы здания. Перед началом печати цифровая трехмерная модель сооружения обрабатывается в специальном программном обеспечении, которое разбивает объект на горизонтальные слои и формирует траекторию движения печатной головки. Экструдер принтера с высочайшей точностью выдавливает строительную смесь, слой за слоем формируя стены, перегородки, несъемную опалубку и элементы архитектурного декора.

Ключевым фактором успешного возведения зданий методом трех де печати является разработка и применение инновационных строительных смесей с уникальными реологическими характеристиками. Печатные составы, чаще всего создаваемые на основе



мелкозернистого бетона, геополимеров, гипса или глины, должны обладать высокой прочностью на сжатие и оптимальной скоростью схватывания. Материал должен быть достаточно текучим, чтобы без труда проходить через насосную систему и экструдер принтера, но одновременно обладать высокой вязкостью, чтобы удерживать форму слоя и не растекаться под собственным весом. Современные лаборатории активно внедряют в составы смесей специальные пластификаторы, ускорители твердения и фиброволокно для микроармирования конструкций. Развитие материаловедения позволяет адаптировать строительные смеси под различные климатические условия, гарантируя долговечность, морозостойкость и высокую надежность напечатанных зданий.

Одним из наиболее весомых преимуществ аддитивного строительства является колоссальное сокращение сроков возведения несущих строительных конструкций по сравнению с классическими методами. Роботизированный строительный принтер способен работать в непрерывном режиме, круглосуточно, требуя минимального контроля со стороны операторов и инженерно-технического персонала. Коробка небольшого одноэтажного жилого дома может быть полностью напечатана на строительной площадке всего за двадцать четыре или сорок восемь часов. Быстрое затвердевание специализированных бетонных смесей позволяет практически сразу переходить к этапам монтажа кровли, прокладки инженерных коммуникаций и финишной отделки помещений. Такая скорость производства работ позволяет оперативно решать задачи по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и быстро обеспечивать людей качественным, доступным и безопасным жильем.

Экономическая эффективность применения трех де принтеров в строительном секторе обусловлена значительным снижением затрат на оплату ручного труда, логистику и материалы. Автоматизация процессов позволяет свести к минимуму количество рабочих, непосредственно занятых на тяжелых и опасных операциях на строительной площадке, что существенно снижает производственный травматизм. Аддитивное производство полностью исключает необходимость сборки и последующего демонтажа дорогостоящей деревянной или металлической опалубки, которая традиционно забирает много времени и ресурсов. Принтер наносит ровно столько материала, сколько требуется по проекту, что снижает объем строительных отходов практически до нуля. Локальное приготовление строительных смесей непосредственно перед печатью оптимизирует логистические цепочки и исключает необходимость транспортировки тяжелых готовых железобетонных блоков.

Использование трех де печати открывает перед архитекторами и дизайнерами безграничные горизонты для реализации самых смелых, сложных и оригинальных пространственных концепций. Традиционные строительные технологии диктуют использование прямоугольных форм из-за ограничений опалубки, в то время как принтеру



одинаково легко напечатать как прямую, так и изогнутую, волнообразную или фрактальную стену. Проектировщики могут создавать здания, которые идеально вписываются в сложный природный ландшафт, повторяя контуры холмов или береговых линий. Возможность программирования внутренней структуры стен позволяет создавать полые конструкции со сложной системой внутренних ребер жесткости, оптимизированных под конкретные нагрузки. Архитектура аддитивного производства становится более органической, бионической и индивидуальной, уходя от серой и монотонной типовой застройки прошлых десятилетий.

Экологическая ценность строительной трех де печати заключается в значительном снижении углеродного следа строительной индустрии и рациональном использовании природных ресурсов планеты. Многие современные печатные смеси разрабатываются с использованием вторичного сырья, переработанных отходов металлургической промышленности, золы уноса и измельченного строительного мусора.

Заключение

В заключение важно подчеркнуть, что технологии трех де печати формируют принципиально новый технологический уклад и определяют вектор устойчивого развития строительной индустрии будущего. По мере совершенствования роботизированных систем, удешевления оборудования и появления новых доступных материалов аддитивное строительство будет занимать все более прочные позиции на рынке. В долгосрочной перспективе данные технологии найдут свое применение не только на Земле, но и в рамках программ по освоению космоса, например, для автономного возведения баз на Луне и Марсе из местного реголита. Компании, которые сегодня активно инвестируют в развитие аддитивных компетенций, закладывают надежный фундамент для своего лидерства в строительном секторе. Строительная трех де печать доказывает, что синергия цифровых технологий, роботизации и передовой инженерии способна создавать качественное, красивое и доступное пространство для жизни человека.

Список литературы:

1. Ватин Н. И., Чумадова Л. И., Гончаров И. С. 3D-печать в строительстве. Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2020.
2. Калашниковым В. И., Морозов М. А. Аддитивные технологии и новые материалы в строительной индустрии. Пенза: ПГУАС, 2018.
3. Мухаметрахимов Р. Х. Технологии аддитивного производства строительных изделий и конструкций. Казань: КГАСУ, 2021.
4. Славчева Г. К., Артамонова О. В. Реологическое поведение дисперсных систем для строительной 3D-печати. Воронеж: ВГТУ, 2019.