

## Применение 3D-печати в строительстве

Загребайлова В.В, Ратушнюк Е.С.  
(научный руководитель – Голубова О.С.)  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Беларусь

3D-печать всё прочнее входит в нашу жизнь, превращаясь из узконаправленной и дорогой услуги в незаменимого помощника для профессионалов различных сфер деятельности. 3D-печать применяется в следующих сферах:

- архитектура
- художественная и театральная области
- геоинформационные системы
- промышленная продукция и машиностроение
- мелкосерийное производство
- производство одежды и обуви
- образование
- медицина
- строительство

Ученые из разных стран нашли применение 3D-печати для получения экономичных и надежных строительных материалов. В Голландии удалось создать посредством трехмерной технологии печати керамические кирпичи PolyBricks, которые внешне похожи на шлакоблоки. Отличительная особенность и преимущество таких кирпичей – для их установки не требуется использовать клей или строительный раствор. Кирпичи PolyBricks обладают конической формой и надежно крепятся друг к другу.

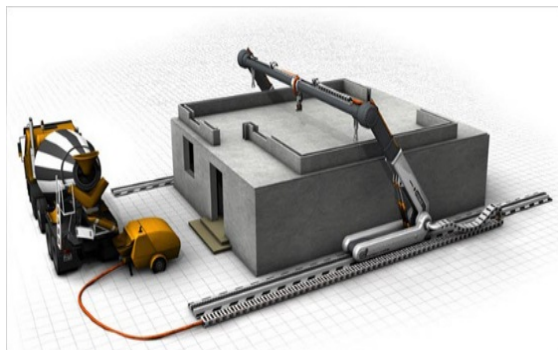
Последняя разработка Брайана Петерса – строительные блоки из керамики BuildingBytes, построенные на 3D-принтере, которые могут быть использованы для возведения стен и любых других перегородок, как внутри, так и снаружи здания. Система BuildingBytes предполагает использование портативных 3D-принтеров и может выступать в качестве локализованного кирпичного завода для крупномасштабного строительства. Сама печать керамической заготовки

занимает 15 – 20 минут, затем полученные «кирпичи» обжигаются в печи и после остывания могут быть уложены в стены и колонны.

Итальянская компания EmergingObjects разработала систему «CoolBrick» – современное воплощение классического испарительного охладителя. Это кирпичи, напечатанные на 3D-принтере из керамики особого типа. Пористый материал, из которого сделан «CoolBrick», удерживает в себе воду, подобно губке, а решетчатая конструкция кирпича позволяет воздуху свободно проходить, испаряя воду из микропор и понижая температуру в помещении. В жарком климате это позволит частично заменить электрические системы кондиционирования воздуха.

В 2012 году профессор Берох Кошневис (Behrokh Khoshnevis) из Университета Южной Калифорнии провел презентацию своего инновационного проекта – строительство домов с помощью 3D принтера.

По замыслу профессора, 3D-принтер для быстрого строительства будет работать по специальной технологии моделирования и строительства по слоям под названием Contour Crafting (контурное строительство). Для возведения несущих элементов конструкции



используется специальный строительный материал - быстротвердеющий реакционно-порошковый бетон, армированный стальной или полимерной микрофиброй. Сам принтер представляет собой передвижное устройство, высотой больше

создаваемого здания, которое ездит по специальным рельсам вокруг возводимого дома. С его помощью можно построить двухэтажный дом (построить коттедж) площадью до 230 квадратных метров всего за 24 часа.

Принцип строительства очень простой: в такой 3D-принтер заливают бетонную смесь, и затем осуществляется процесс трехмер-

ной печати. Расположенное на металлической раме и движущееся на каретке огромное сопло слой за слоем укладывает бетон по запрограммированному контуру здания. Нижние слои постепенно уплотняются, что дает им возможность выдерживать все более увеличивающийся вес конструкции.

Для этого в конструкции 3D-принтера предусмотрено дополнительное устройство: манипулятор, который устанавливает в проектное положение все инженерные коммуникации и несущие элементы (перемычки, прогоны, балки перекрытия/покрытия, элементы стропильной системы, лотки, дымоходы, вентиляционные каналы). В итоге получается готовое здание, только без дверей и окон. Принтер может также красить стены и укладывать плитку. Таким образом, принтер способен выполнить до 90 % операций, связанных с возведением зданий.

В данный момент технология проходит тестирование. Сам профессор Кошневис утверждает, что она будет полностью готова к 2017 году.

Пока в Америке технология 3D-строительства тестируется исследователями, в Китае уже печатают самые настоящие дома. В 2014 году архитектурная компания Winsun начала возводить небольшие жилые дома с помощью огромного 3D-принтера. Принцип использовался тот же — послойное экструдирование. В качестве материала применялся строительный мусор и цемент, усиленный стекловолокном. Данная технология позволила построить из промышленных отходов десять компактных жилых домов общей площадью 200 м<sup>2</sup> всего за сутки! А себестоимость строительства каждого такого домика составила всего около 5000 долларов.

Архитектурная компания Winsun использовала для строительства жилых домов гигантский промышленный принтер длиной в 150 метров и высотой в 6 метров. Пока речь идет лишь о возведении недорогого, бюджетного жилья. Для Китая с его перенаселенными городами технология 3D-строительства может открыть огромные перспективы. В Китае в ближайшие годы планируется построить несколько предприятий по переработке отходов и мусора, чтобы наладить выпуск смеси в больших объемах для осуществления 3D-строительства.

Применение 3D-печати в строительстве имеет как преимущества, так и недостатки. Основными достоинствами являются:

- возможность запрограммирования индивидуального объекта со сложной конструктивной формой
- значительное сокращение сроков сдачи объекта
- сокращение затрат по оплате труда
- сокращение расходов на строительные материалы
- уменьшение затрат, связанных с использованием ЭМиМ (амортизация, электроэнергия, горюче-смазочные материалы)
- мобильность оборудования
- уменьшение вреда окружающей среды

Несмотря на то, что 3D-печати предрекают огромные перспективы в строительстве и дома, напечатанные принтером, уже существуют в реальности, имеется множество тонких вопросов, касающихся самой технологии возведения зданий.

3D-принтеры строят дома путем нанесения слоя бетонной смеси на ранее выложенный слой. При этом ничего не говорится о применении в строительстве арматуры – вертикальная арматура просто помешает принтеру свободно перемещаться над слоями на нужной высоте. Однако бетонные дома для обеспечения высокой надежности конструкции просто не могут обойтись без арматуры. Вероятно, эта проблема может быть решена путем использования одновременно двух устройств – одно монтирует арматуру, а другое «печатает» бетонной смесью слой за слоем.

Другой вопрос связан с виброобработкой бетона. В случае с технологией 3D строительства вследствие отсутствия опалубки и краткосрочного размещения поддерживающих формовочных лопаток в контакте с бетонным раствором виброобработка фактически невозможна.

Еще одно уязвимое место – монтаж инженерных систем, без которых современный дом просто не может существовать. Впрочем, здесь как раз возможности принтеров могут раскрыться в полной мере, поскольку они являются устройствами с точной повторяемостью операций и, например, соединение элементов труб в нужной последовательности вполне может быть выполнено. Архитекторам

лишь придется подумать над новыми конструкциями элементов инженерных коммуникаций.

Все эти спорные технические моменты нельзя назвать неразрешимыми, они характерны для любой прорывной технологии, только начинающей свое развитие. Какое-то время инженерам придется потратить на то, чтобы убрать все технические проблемы, нивелировать недостатки технологии и полностью автоматизировать все процессы, протекающие на строительной площадке.

Несмотря на все трудности, ученые уверены, что 3D-принтер найдет широкое применение при возведении домов для людей со средним доходом, а также для постройки коммерческого жилья.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.contourcrafting.org/>
2. <http://make-3d.ru/articles/3d-printer-dlya-pechati-domov/>
3. <http://3dwiki.ru/3d-pechatnye-keramicheskie-bloki-polybricks-zamenyat-privychnye-kirpichi/>
4. <http://3dprint.com/tag/andrey-rudenko/>

УДК 747.214

### **Организация землеустройства в Республике Таджикистан**

Мирзоев Ф.Б., Асоев Э.М.

(научный руководитель б Винокурова Н.Е.)

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Беларусь

Сущность землеустройства характеризуется оптимальным сочетанием его правовой, инженерной, технологической и социально-экономической сторон. Правовое регулирование землеустройства осуществляется в соответствии с Конституцией Республики Таджикистан, Земельным кодексом, другими законами.

Землеустройство проводится в обязательном порядке на землях всех категорий независимо от вида их пользования уполномоченным государственным органом по управлению земельными ресур-