

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЗДАНИЙ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Бугаевский С.А.<sup>1</sup>, Коваленко А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н.

Бекетова

bugaevskiysa@gmail.com, bihkovalenko92@gmail.com

В последнее время во всем мире наметилась тенденция возведения зданий сложной геометрической формы с применением новейших технологий 3D-моделирования и 3D-печати для создания уникальных архитектурных форм. При этом перед проектировщиками и строителями возникают различные технические задачи, связанные с изготовлением и снижением стоимости опалубки, имеющей сложную геометрию, созданием арматурных каркасов, в том числе и самонесущих, процессом бетонирования и т.д.

Рассмотрим основные современные технологии, применяемые для возведения зданий или их элементов со сложной геометрической формой. Голландское архитектурное бюро Джанджапа Руджсснарса Universe Architecture планирует реализовать проект под названием The Landscape House [1]. Строительный 3D-принтер распечатывает заданные программой объемные секции здания. Передвижной агрегат производит блоки из смеси песка и связующего материала размером 6х9 м практически любой формы прямо на строительной площадке. Новая технология, по мнению голландца, очень скоро совершит настоящий переворот в архитектуре, и начать он планирует с жилого дома площадью 1100 м<sup>2</sup> в форме бесконечной ленты Мебиуса (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Проект The Landscape House [1]: а – вид здания; б – конструкция этажа

Учеными из Швейцарской высшей технической школы Цюриха в рамках проекта Mesh Mould был разработан способ 3D-печати непрерывных конструкций для создания крупных геометрически сложных структур [2]. На начальной стадии разработчики использовали материал на основе полимеров, а на следующем этапе перешли на применение металлов. Исследователи

занимаются разработкой инновационного процесса для роботизированного создания опалубки, то есть вспомогательной конструкции при строительстве из бетона, а также арматуры. Новая технология призвана сделать возможным производство более сложных конструкций прямо на стройплощадке (рис. 1.2).

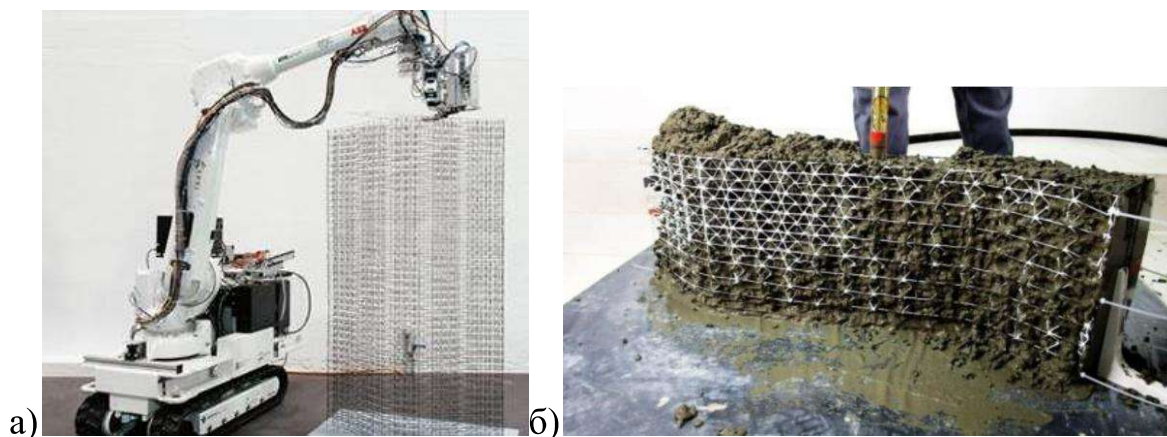


Рисунок 1.2 – Проект Mesh Mould: а – создание стального арматурного каркаса [2]; б – процесс укладки бетонной смеси [3]

Первая фаза Mesh Mould была связана с разработкой процесса роботизированной подачи материалов, а вторая создать систему 3D-печати, способную эффективно производить непрерывную металлическую конструкцию из стальной проволоки толщиной 3 мм [3].

Разработанная система автоматически сгибает и сваривает сталь для получения конструкции необходимой формы – в дальнейшем эти конструкции будут применяться в качестве опалубки или арматуры сведя отходы производства почти к нулю.

Одна из отличительных черт проекта Mesh Mould, особенно по сравнению с другими инициативами по 3D-печати в строительстве, – это сознательный отказ от аддитивного производства методом послойной подачи материала. В этом смысле система Mesh Mould похожа на ручки для 3D-печати, поскольку материал размещается на весу там, где он должен быть – именно эта особенность позволяет создавать геометрически сложные конструкции.

Одной из организаций, принимающих активное участие в внедрении 3D-печати в строительство, является компания Branch Technology из города Чаттануга, штат Теннесси, США [4]. Она объявила о подготовке к началу строительства первого в Чаттануге 3D-печатного дома с использованием инновационного метода 3D печати: 3D printing Cellular Fabrication (C-Fab). Конструкция готовых изделий, созданных посредством данной технологии, напоминает соты и производится с помощью промышленного робота Kuka KR 90, который подаёт ABS пластик, усиленный углеродным волокном, формируя сложные, крупномасштабные структуры размером до 3 м<sup>3</sup>. От стандартных методов 3D печати зданий этот способ отличает то, что данные конструкции составляют, по сути, только внутренние опоры здания, которые в дальнейшем могут быть заполнены традиционными недорогими строительными

материалами, к примеру, монтажной пеной и бетоном, для создания элементов здания (рис. 1.3).

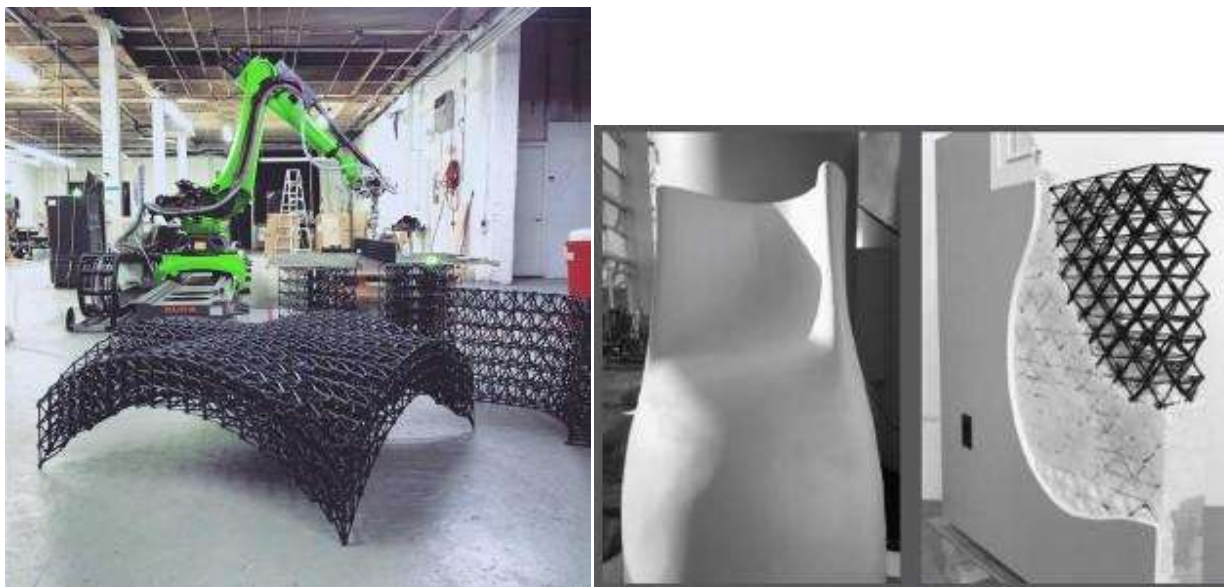


Рисунок 1.3 – Метод 3D printing C-Fab [3]: а – неметаллический арматурный каркас; б – фрагмент стены

С использованием 3D-печатных конструкций в качестве внутренней опоры и внешнего слоя бетона, дополнительным преимуществом метода станет меньший вес стен. Разработчики сообщают, что конструкции C-Fab не уступают в прочности бетонным стенам, но весят гораздо меньше. К примеру, полукилограммовая структура может выдерживать вес практически в 700 кг, а стена, весом чуть более килограмма, укрепленная монтажной пеной, выдерживает 1350 кг [4].

Совершенно иной подход для применения печатающей трёхмерные объекты промышленной техники предлагает компания Emerging Objects [5]. Проект «дома будущего», на воплощение его в жизнь потребуется около года, получил название «3D Printed House 1.0» (рис. 1.4).

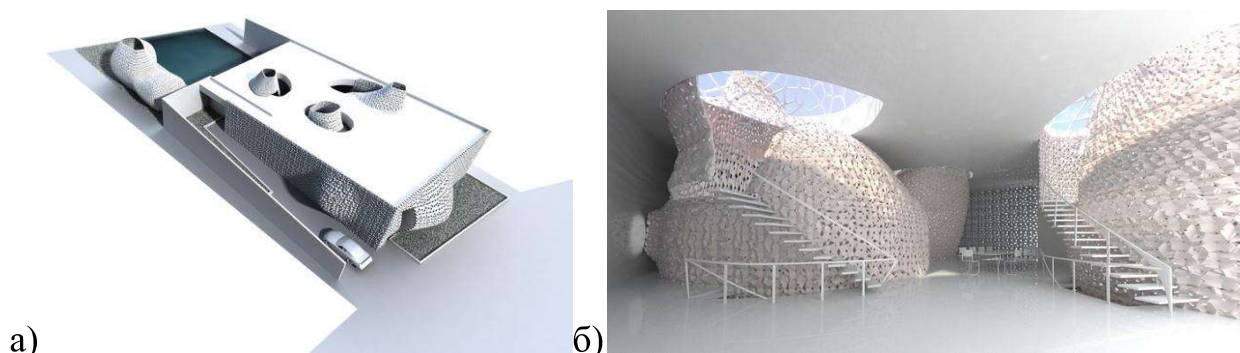


Рисунок 1.4 – Проект 3D Printed House 1.0 [5]: а – вид здания; б – внутренний интерьер

Концепция «3D Printed House 1.0», подразумевает, что ни каркас дома, ни полностью вся его внутренняя отделка не будут являться исключительно

продуктами, изготовленными 3D-принтером. При оформлении интерьера и во время ведения строительных работ допускается использование как классического способа производства, так и технологии трёхмерной печати несколькими 3D-принтеров в связке, каждый из которых отвечает за свою часть работы.

Интересным конструктивным отличием проекта «3D Printed House 1.0» стал и выбор базовых материалов, среди которых значится полимерный цемент и соль для изготовления элементов конструкции. Внешний каркас жилища выполняют с использованием армированного цементного полимера. Он, по заявлению разработчиков, обладает даже лучшими свойствами, чем традиционный бетон.

Все перечисленные технологии применения 3D-принтеров в строительстве, пока являются только проектами и требуют дальнейших исследований для промышленного запуска.

#### Литература:

1. Сайт Universe Architecture - <http://www.universearchitecture.com/landscapehouse/xoskt5thlwpeykzn3f9flv3ufew1il>.
2. Сайт Проект Mesh Mould Metal - <http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/316.html>.
3. Mesh Mould: Robotically Fabricated Metal Meshes as Concrete Formwork and Reinforcement. June 2015.
4. Сайт компании Branch Technology - <http://www.branch.technology/competition>.
5. Сайт компании Emerging Objects - <http://www.emergingobjects.com>.