

## ТЕХНОЛОГИЯ 3D ПЕЧАТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОРФЯНОГО МОДИФИКАТОРА

А.М. Дожделев, канд. техн. наук, доцент

А.Ю. Лаврентьев, канд. техн. наук, доцент

А.А. Степачёва, канд. хим. наук, доцент

Тверской государственный технический университет  
(Россия, г. Тверь)

DOI: 10.24411/2500-1000-2020-11034

**Аннотация.** Статья посвящена обзору технологий 3D печати зданий и сооружений, а также прочих крупногабаритных изделий. Рассмотрен вопрос выбора материала для такой технологии, а также описан успешный опыт использования торфа как модификатора для изготовления строительных смесей для 3D печати зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** 3D печать, строительство, торф, аддитивные технологии, модификатор.

Технология строительной 3D печати основана на послойной экструзии смеси, состоящей из цемента, наполнителя, пластификатора и ряда других добавок. При помощи такой технологии можно печатать как относительно небольшие изделия из строительной смеси, к примеру скамейки, урны, вазы, так и массивны сооружения и даже жилые дома. Печатающая головка, перемещаясь по заданной траектории, осуществляет выдавливание строительной смеси на заранее подготовленную площадку либо на предшествующие слои. Несмотря на то, что данная технология еще сравнительно молода, уже появляются новые конструкции подобных устройств [1, 2]. На данный момент строительные 3D принтеры разделяют на три типа. К первому относят порталные модели (рис. 1а), у которых печатающая головка перемещается благодаря трем порталам, закрепленным на раме. Такое оборудование способно печатать изделия или их части, помещающиеся в рабочую зону порталов принтера. Так как зачастую требуется, чтобы изделие было полностью напечатано за одну операцию, чтобы исключить лишние трудозатраты, порталный 3D принтер

должен иметь значительные размеры, что сказывается на его стоимости.

Существует конструкция 3D принтера «дельта», которая применяется и в 3D печати полимерами (рис. 1б). Данная конструкция отличается тем, что печатающая головка подвешена на тросах, закрепляемых к стойкам. Данная конструкция имеет больше степеней свободы и может позволить наклонять печатающую головку. Однако сохранение приемлемой точности позиционирования головки при увеличении габаритов требует значительного повышения стоимости устройства.

Роботизированные строительные 3D принтеры оснащены роботоманипулятором, осуществляющим позиционирование экструдера в заданную точку по необходимой траектории (рис. 1в). Такие установки можно оснащать несколькими манипуляторами.

Существуют также новые конструкции установок для строительной печати, которые пока не входят в вышеуказанную классификацию. К ним относится печать при помощи наслоения порошкового материала и последующего склеивания слоя порошка по требуемому контуру.

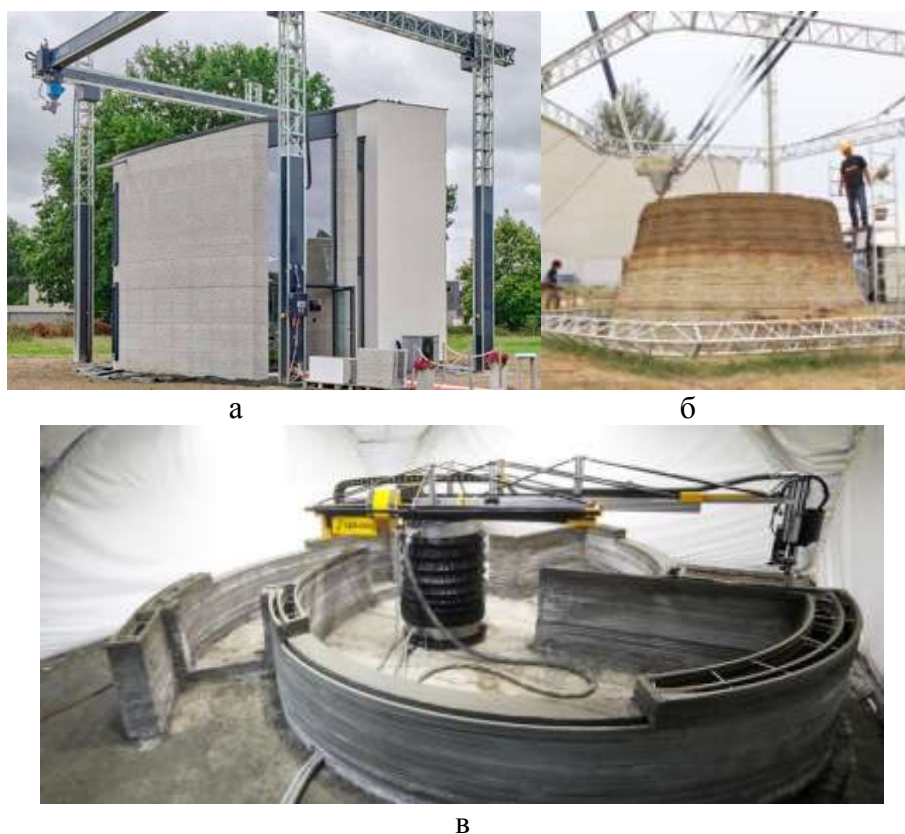


Рис. 1. Типы строительных 3D принтеров:  
а) порталный тип; б) тип «дельта», в) роботизированный тип

Кроме того конструкции некоторых строительных 3D принтеров предусматривают работу не только экструдера, подающего строительную смесь но и экструдера, подающего утепляющий материал. Такие установки также могут быть использованы для создания своего рода опалубки из теплоизоляционного материала (полиуретана), после чего она заполняется строительной смесью.

Для данной технологии актуальной задачей является разработка новых композиционных строительных материалов, отвечающих целому комплексу эксплуатационных характеристик. Необходимо учитывать как стандартные для строительного материала свойства, такие как прочность, жесткость, морозостойкость, скорость твердения, так и свойства, необходимые для 3D печати (пластическая прочность, высокая адгезия между слоями и пр.).

На данный момент в России есть несколько компаний, изготавливающих оборудование для строительной 3D печати. Но немаловажным вопросом для данной области строительства является доступный

и качественный материал для печати. Одним из вариантов использования отечественных ресурсов является торф. Применение модифицирующей добавки МТ-600, изготовленной из торфа, способствует увеличению прочности цементного камня на 34-35%. Кроме того использование торфяного модификатора значительно (на 49%) увеличивает прочность смеси на ранних сроках твердения, что крайне важно для строительной 3D печати. Модифицирующая добавка на основе торфа в строительной смеси выполняет функцию микроармирования, предотвращая развитие микротрещин, а также повышая вододерживающую способность и подвижность строительной смеси, что важно при печати крупногабаритных конструкций и сооружений, где смесь необходимо подавать на большое расстояние от миксера [3].

Существуют также разработки строительного материала для 3D печати на основе сланцевой золы и торфа [4]. Являясь производственным отходом, сланцевая зола имеет высокий водородный показатель

(рН), который нейтрализуется торфяной добавкой. В этом случае щелочные материалы и оксид калия и вступают в реакцию с гумусовой кислотой вследствие чего образуется твердый материал. Получаемая таким способом строительная смесь модифицируется кварцевым песком, после чего приобретает высокую прочность, термо- и шумоизоляционные характеристики, является негорючей и легкой. Кроме того использование золы в ее составе решает во-

прос утилизации данного промышленного отхода.

Использование технологии строительной 3D печати является перспективной областью, которая может позволить решить вопрос быстрой постройки зданий и жилья, что особенно актуально в зоне промышленных и природных катастроф. Использование же торфяных ресурсов позволит наладить производство отечественного недорогого, экологического и эффективно-го строительного материала.

### Библиографический список

1. Григорьев С.Н. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С.Н. Григорьев, И.Ю. Смуров // Инновации. – 2013. – Т. 10, № 180. – С. 76-82.
2. Мартынов Р.С. 3D моделирование и 3D печать. Методы, технологии, инновации // Сборник научных статей V международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 54-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар, 2015. – С. 190-193.
3. Демьяненко О.В. Влияние добавки термомодифицированного торфа на технологические свойства строительных смесей для 3d-печати / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, Е.А. Сорокина // Вестник томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – №4. – С. 122-134.
4. Эстонские ученые разработали торфяной материал для строительной 3D-печати. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/estonian-scientists-have-developed-a-peat-material-for-building-3d-pri/>

## TECHNOLOGY OF 3D PRINTING OF BUILDINGS AND STRUCTURES WITH THE USE OF PEAT MODIFIER

**A.M. Dozhdelev**, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*  
**A.A. Stepacheva**, *Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor*  
**A.Yu. Lavrentiev**, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*  
**Tver State Technical University**  
**(Russia, Tver)**

**Abstract.** *The article is devoted to an overview of 3D printing technologies for buildings and structures, as well as other large-sized products. The issue of choosing a material for such a technology is considered, and the successful experience of using peat as a modifier for the manufacture of building mixtures for 3D printing of buildings and structures is described.*

**Keywords:** *3D printing, construction, peat, additive technologies, modifier.*