

УДК 72.021.2

## ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ

кандидат искусствоведения, Вергунова Н. С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Украина, Харьков

*В статье рассмотрены технологии 3D-печати и их разновидности с выявлением тех или иных преимуществ и недостатков. В работе также представлены практические примеры применения технологий 3D-печати в формировании архитектурных сооружений и отдельных объектов архитектурной среды. Технологии 3D-печати в приложении к архитектурной деятельности открывают новые проектные возможности, охватывающие как решения объемно-пространственной структуры архитектурных сооружений в целом, так и их внутренней среды – в части организации интерьерных пространств с учетом диалектического единства функции и формы.*

*Ключевые слова: 3D-печать, стереолитография, селективное лазерное спекание, послойное уплотнение, моделирование методом послойного наплавления.*

*кандидат мистецтвознавства, Вергунова Н. С. Технології 3D-друку в сучасній архітектурі / Харківський національний університет будівництва і архітектури, Україна, Харків*

*У статті розглядаються технології 3D-друку та їх різновиди з окресленням тих чи інших переваг та недоліків. В роботі також представлені практичні приклади використання технологій 3D-друку у формуванні архітектурних споруд та окремих об'єктів архітектурного середовища. Технології 3D-друку в додатку до*

архітектурної діяльності відкривають нові проектні можливості, що охоплюють як рішення об'ємно-просторової структури архітектурних споруд в цілому, так і їх внутрішнього середовища – в частині організації інтер'єрних просторів з урахуванням діалектичної єдності функції і форми.

*Ключові слова:* 3D-друк, стереолітографія, селективне лазерне спікання, пошарове ущільнення, моделювання методом пошарового наплавлення.

*PhD in Arts, N. Vergunova 3D printing technologies in contemporary architecture / Kharkiv national university of construction and architecture, Ukraine, Kharkiv*

*The article covers the question of 3D printing technologies and their varieties with revelation of either advantages or disadvantages. Practical examples of use 3D printing technologies in creation of architectural buildings and individual objects of architectural environment are also presented. 3D printing technologies in context of architectural activity open both new design possibilities in decision of body-spatial structure of architectural buildings and organization of interior spaces according to dialectical unity of form and function.*

*Keywords:* 3D print, stereolithography (SLA), selective Laser Sintering (SLS), solid ground curing, (SGC), fused deposition modeling, (FDM).

**Введение.** Постоянно появляющиеся технологии в строительстве в приложении к архитектуре вызывают большое количество социальных и экономических перемен, происходит переосмысление способов взаимодействия, коммуникации, решения и выполнения многочисленных ежедневных вопросов и задач в контексте архитектуры. При этом могут применяться уже известные ранее технологии, но в новом, инновационном качестве либо

технологии сегодняшнего дня априори несущие значение инновации. Термин «инновация» предполагает не только внедрение чего-то нового, но и модернизацию или усовершенствование уже существующего, смену поколения чего-то, основанного на уже применяемом и так далее.

Инновационные аспекты архитектурной деятельности с позиций синергетического подхода подробно изложены в теоретических работах В. Н. Бабича и А. Г. Кремлева [1]; основные положения теории синергетического анализа процессов урбанизации в их взаимосвязи с междисциплинарными инновациями раскрыты в публикации Л. П. Холодовой и С. С. Титова [6]; современные технологии и перспективы их развития в архитектуре и дизайне являются актуальной темой для проведения международных конференций и публикации соответствующих научных изданий в Украине и по всему миру.

Так в апреле 2017 года в ХНУСА была проведена I международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в архитектуре и дизайне» и издана коллективная монография, где очерчены тематические направления, которые охватывают вопросы гуманизации архитектурной среды в контексте европейской интеграции, инновационные подходы в формировании современной архитектуры и дизайна, применение архитектурных конструкций и новейших строительных материалов в профессиональной деятельности архитектора и дизайнера, а также аспекты эргономики, урбанистических и технических систем [3].

**Основная часть.** Рассмотрим некоторые современные процессы с позиций их значимости в создании инновационных проектов в архитектуре и дизайне. В качестве примера можно привести одну из аддитивных технологий – 3D-печать, изначально предназначенную

для быстрого создания опытных образцов с небольшими габаритными размерами, а впоследствии нашедшую применение в медицине, пищевой промышленности, тяжелом машиностроении и других областях промышленного производства.

Первое устройство для создания 3D-прототипов представляет собой SLA-установка, разработанная и запатентованная американским изобретателем Чарльзом Халлом (Charles Hull) в 1986 году. Эта модель не являлась 3D-принтером в современном понимании, но опиралась на технологию стереолитографии (Stereolithography, SLA), созданную им же в 1984 году и определившую базовый принцип работы последующих устройств: послойное наращивание объектов. Впоследствии Ч. Халл основал компанию «3D Systems», где было изготовлено первое устройство объемной печати под названием «Stereolithography Apparatus».

Алгоритмы работы технологии стереолитографии могут быть представлены следующим образом: трехмерная компьютерная модель объекта обрабатывается с помощью специального программного обеспечения, в том числе происходит «резка» модели на слои. Платформа 3D-принтера, опускаясь на толщину слоя, заливается фотополимером, где впоследствии лазером создается рисунок среза объекта. Окончательное затвердевание объекта происходит в ультрафиолетовой камере. В моделях принтеров компании «3D Systems» толщина слоя начинается от 0,025 мм, при этом габариты изделия не могут превышать 750 мм по каждой стороне в трех измерениях. Эта технология печати позволяет создавать прочные, тонкостенные и мелко детализированные объекты любой сложности, среди общих недостатков – медленная скорость печати и существенный отход материала как следствие возведения поддерживающих структур [5 с.144].

Технология производства объектов ламинированием (Laminated Object Manufacturing, LOM) была предложена Михаилом Фейгенмом (Mihail Fagen) в 1985 году. В соответствии с замыслом автора эта технология позволяет послойно формировать объемные модели из листового материала: пленок, полиэстера, композитов, пластика и бумаги, предварительно раскраивая слои лазером и скрепляя между собой разогретым валиком [2]. Главным недостатком технологии является грубая поверхность изделий и вероятность расслоения при ошибочном процессе раскройки и резки, этим, по всей видимости, и обусловлен тот факт, что LOM-технология практически не используется в современных моделях 3D-принтеров.

Еще одна технология 3D-печати, а именно селективное лазерное спекание, (Selective Laser Sintering, SLS и Direct metal laser sintering, DMLS) была разработана Карлом Декартом (Carl Deckard) и Джо Биманом (Joe Beaman) в Техасском университете в Остине (University of Texas at Austin) в 1986 году. В отличие от метода лазерной стереолитографии, SLS-технология предусматривает применение порошкообразного термопластичного материала, который послойно спекается с помощью лазера. После разогрева порошкообразного материала и его выравнивания, лазером прорисовывается контур слоя. Таким образом, «...части слоя плавятся, затем рабочая зона опускается и добавляется новый слой гранул; процесс повторяется до тех пор, пока деталь не будет полностью готова» [4]. При этом нерасплавленный излишек материала обеспечивает поддержки нависающих частей и тонкостенных элементов изготавливаемого изделия, уменьшая тем самым необходимость создания временных поддерживающих структур.

К технологиям 3D-печати также относится послойное уплотнение (Solid Ground Curing, SGC), разработанное и внедренное израильской

компанией «Subital» в 1987 году. Шаблон основания модели формируется на избирательно заряженной стеклянной пластине и «помещается над тонким слоем фотополимера, равномерно распределённым по рабочей поверхности, после чего экспонируется ультрафиолетовым лучом» [2]. Слой фотополимера, соответствующий определенному слою шаблона, затвердевает, жидкие излишки удаляются, а пустоты заполняются жидким, быстро застывающим воском. Приведенная последовательность действий многократно повторяется, пока не будет сформирована необходимая модель.

Основатель американской компании «Stratasys» Скотт Крамп (Scott Crump) в 1988 году изобрел технологию 3D-печати методом осаждения расплавленной нити (Fused Deposition Modeling, FDM). В процессе подготовки объекта к печати проводится анализ трехмерной модели, рассчитывается алгоритм послойного плавления и поддерживающих структур. Установленная в принтер катушка с пластиковой нитью, разматывается, а пластиковая нить при высокой температуре подаётся в экструзионное сопло, при этом управляемый компьютером механизм перемещает само сопло или объект (или оба) вдоль трёх осей [5 с.145]. Наиболее распространенным материалом для печати является промышленный ABS-пластик, который выдерживает высокие температуры и механические нагрузки. В качестве недостатка FDM-технологии можно отметить видимую рельефную поверхность напечатанного объекта, а ее дальнейшая обработка порой приводит к потере точности мелких деталей.

В контексте архитектуры 3D-печать уже претерпела несколько трансформаций, от создания отдельных элементов для организации архитектурной среды (информационная станция для городской среды «Smart palm») до полноценных зданий (офис «Dubai Future

Foundation», представленный в мае 2016 года) [7]. Еще одна трансформация, которая впоследствии войдет в распространение – это печать того или иного здания «под ключ», а именно несущие конструкции с проведенными инженерными коммуникациями, отделочные работы в помещениях, элементы сантехнического оборудования и так далее. Так специально созданное ведомством НАСА отделение Южно-Калифорнийского университета занимается реализацией этого проекта на основе технологии 3D-печати Contour Crafting Бирока Кошневица (Behrokh Khoshnevis), запатентованной в США в 2009 году. В более далекой перспективе можно спрогнозировать другую трансформацию 3D-печати, которая будет заключаться в печати «растущей», «саморазвивающейся» структуры архитектурного сооружения, наподобие индивидуального развития живого организма, выводя на новый уровень основные положения метаболизма в архитектуре, зародившегося в Японии в середине XX века.

**Выводы.** На сегодняшний день технология 3D-печати является исключительным архитектурным и дизайнерским инструментом, позволяющим в замкнутом и непрерывном цикле пройти всю цепочку проектного процесса: от идеи к конечному проектному результату. Инновационный процесс 3D-печати можно считать определяющим в симбиотическом сращении архитектуры и дизайна, он также предоставляет идентичные по смысловому содержанию, но кардинально иные от традиционных техник алгоритмы формирования разрабатываемого объекта. Эти и другие инновационные материалы в приложении к архитектурной деятельности открывают новые проектные возможности, охватывающие как решения объемно-пространственной структуры архитектурных сооружений в целом, так

и их внутренней среды – в части организации интерьерных пространств с учетом диалектического единства функции и формы.

**Литература:**

1. Бабич В. Н. Синергетический подход к архитектурной деятельности / В. Н. Бабич, А. Г. Кремлев, Л. П. Холодова // *Архитектон: известия вузов*. – 2013. – № 42. – Режим доступа: [http://archvuz.ru/2013\\_2/2](http://archvuz.ru/2013_2/2)
2. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития [Текст] / ред. Э. Канесса, К. Фонда, М. Зеннаро. — Мирамаре: МЦТФ, 2013. — 192 с.
3. Инновационные технологии в архитектуре и дизайне: кол. монография / науч. ред. В. П. Сопов, В. П. Мироненко. – Харьков: ХНУСА, 2017. – 668 с.
4. Краткая история 3D принтеров [Электронный ресурс]: Информационный портал «Plastic3D». — Режим доступа: <http://plastic3d.ru/news/Kratkaya-istoriya-3D-printerov-s-kartinkami>
5. Плеханова В. А. 3D-технологии и их применение в дизайне / В. А. Плеханова // *Территория новых возможностей*. – 2015. – № 2(29). – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24899675>
6. Тимов С. С. Синергетически-планировочный анализ региональной урбанизации / С. С. Тимов, Л. П. Холодова // *Архитектон: известия вузов*. – 2007. – № 19. – Режим доступа: [http://archvuz.ru/2007\\_3/1](http://archvuz.ru/2007_3/1)
7. Dubai 3d printing strategy [Электронный ресурс] // Официальный сайт организации «Dubai future foundation». — Режим доступа: <http://www.dubaifuture.gov.ae/our-initiatives/dubai-3d-printing-strategy/>

**References:**



1. Babich V. N. *Sinergeticheskiy podkhod k arkhitekturnoy deyatel'nosti* / V. N. Babich, A. G. Kremlev, L. P. Kholodova // *Arkhitekton: izvestiya vuzov*. – 2013. – № 42. – Available at: [http://archvuz.ru/2013\\_2/2](http://archvuz.ru/2013_2/2)
2. *Dostupnaya 3D pechat dlya nauki, obrazovaniya i ustoychivogo razvitiya [Tekst]* / red. E. Kanessa, K. Fonda, M. Zennaro. — Miramare: MTsTF, 2013. — 192 с.
3. *Innovatsionnye tekhnologii v arkhitekture i dizayne: kol. monografiya / nauch. red. V. P. Sopov, V. P. Mironenko*. – Kharkov: KhNUSA, 2017. – 668 с.
4. *Kratkaya istoriya 3D printerov: Informatsionnyy portal «Plastic3D»*. — Available at: <http://plastic3d.ru/news/Kratkaya-istoriya-3D-printerov-s-kartinkami>
5. *Plekhanova V. A. 3D-tekhnologii i ikh primenenie v dizayne* / V. A. Plekhanova // *Territoriya novykh vozmozhnostey*. – 2015. – № 2(29). – Available at : <https://elibrary.ru/item.asp?id=24899675>
6. Titov S. S. *Sinergeticheski-planirovochnyy analiz regionalnoy urbanizatsii* / S. S. Titov, L. P. Kholodova // *Arkhitekton: izvestiya vuzov*. – 2007. – № 19. – Available at: [http://archvuz.ru/2007\\_3/1](http://archvuz.ru/2007_3/1)
7. *Dubai 3d printing strategy* // *Ofitsialnyy sayt organizatsii «Dubai future foundation»*. — Available at: <http://www.dubaifuture.gov.ae/our-initiatives/dubai-3d-printing-strategy/>