

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation

“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

48 ^{ТОМ}
vol.

2015

св. 12 – III
fasc.

3D ПЕЧАТ В СТРОИТЕЛСТВОТО – ДОСТИЖЕНИЯ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА

Ст. Иванова¹

Ключови думи: 3D печат, нови технологии, тримерно моделиране

Научна област: съвременни материали и технологии

РЕЗЮМЕ

3D печатът е нова технология за изграждане на тримерни обекти чрез наслагване на материал в последователно разположени във височина пластове. Тази технология намира приложение в най-различни области. През последната година се увеличи броят на приложенията на тази технология и в строителството – както за изграждане на малки едноетажни домове, така и на дву- и повече етажни сгради с по-сложно разпределение. Характерни за този тип строителство са бързата скорост на изграждане, ниската цена и възможността за използване на рециклирани строителни материали. Броят на реализации нараства всеки месец. Всичко това води до все по-голям интерес и по-големи очаквания към този начин на строителство. Това налага строителната индустрия и инженерното образование да се запознаят с тези нови технологични възможности и да обмислят прилагането им на наша територия при нашите условия.

1. Въведение

3D печатът [4] е сравнително нова технология за изграждане на тримерни обекти чрез наслагване на материал в последователно разположени във височина пластове под контрола на компютър. Той може да се използва за изграждане на обекти с всякаква форма и геометрия на базата на първоначално изграден 3D модел. От своя страна 3D принтерът е вид индустриален робот.

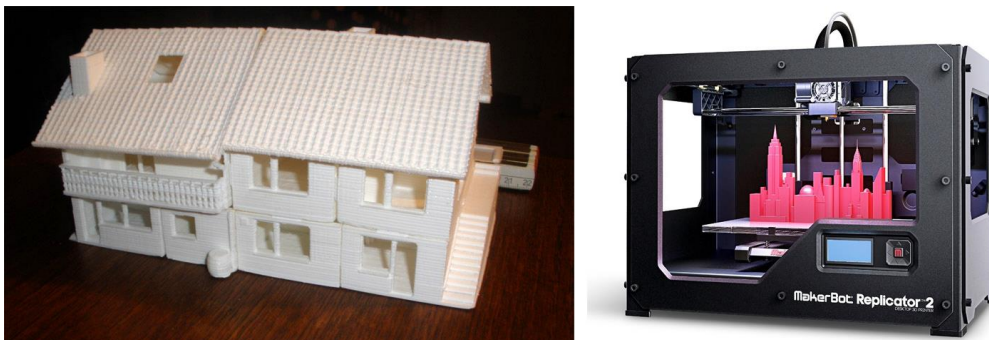
¹ Стоянка Иванова, гл. ас. д-р арх., кат. „Автоматизация на инженерния труд”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: solaria@online.bg

Макар че идеята датира от средата на XX век, първите реализации са в 80-те години на XX век. Повечето от тях са базирани на полимери, втвърдяващи се под въздействието на светлината. Тогава са разработени и формати за управление на 3D принтери, които и до днес широко се използват.

2. Приложение на 3D печата за целите на строителството

Сравнително отдавна датират първите опити за изграждане на макети на сгради с малоформатни 3D принтери (фиг. 1).

Първата идея за изграждане на сграда или елементи от нея с голямоформатен индустриален робот е от 1960 г., но по-модерните реализации чрез истински голямоформатни 3D принтери [7] са от 2004 г. През януари 2013 г. задейства първата работеща версия на 3D принтер за сгради с първоначална работна скорост 2 метра изградена стена за час, по-късно увеличена до 3.5 метра за час, което означава да завършва една сграда за около седмица.



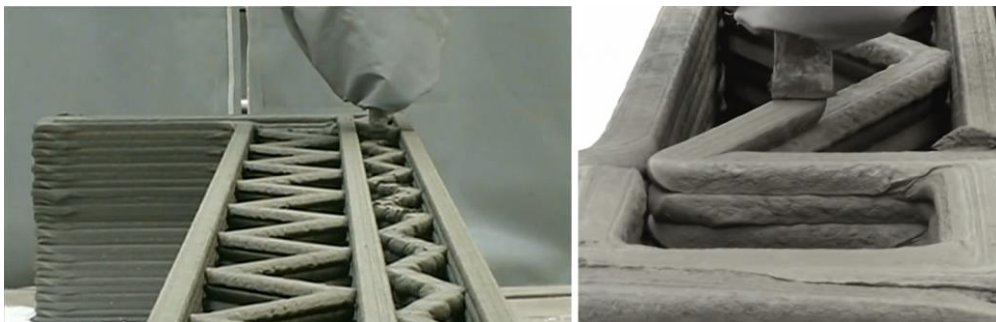
Фиг. 1. Отпечатани макети на сгради, използвани са малоформатни 3D принтери [5, 3]

Логично бяха вложени повече усилия в увеличаването на скоростта на печат и така се появиха първите реализации на големи 3D принтери, които използват като материал за печат бързосъхнещ бетон или „бетон”, получен от отпадъчни строителни материали и цимент. Принтерът полага строителния материал на пластове с дебелина около 0.5 инча (фиг. 2). Обемът на стената не е изцяло запълнен с материал. Част от него е въздух, с цел по-добри изолационни качества и олекотяване, а пълнежът на стената е със зигзагообразна форма (фиг. 3).



Фиг. 2. Изгледи от стените на отпечатана сграда – Winsun, 2015 [2]

Първите реализации се характеризират с относителна простота. Китайската фирма Winsun обяви през април 2014 г., че за около 2 часа може да се отпечатат стените на малка къща на цена \$4800 (фиг. 4). Пластовете съдържат стъклени влакна, стомана, цимент, втвърдители и рециклирани строителни отпадъци.



Фиг. 3. Вътрешна структура на стените на сградите на китайската фирма Winsun, 2015 [2]



Фиг. 4. Строителни елементи и първа малка къща на китайската фирма Winsun, 2015 г. [5]

През януари 2015 г. компанията обяви, че е изградила втора сграда на два етажа, с по-сложно разпределение (фиг. 5 вляво). Видно е, че както всички останали, така и тези сгради се нуждаят от довършителни работи по външните и вътрешните повърхности. Третата построена от Winsun сграда е пететажна, с разгъната площ 1100 m² на цена 161 000 долара (фиг. 5 вдясно).



Фиг. 5. Изгледи от следващите сгради на китайската фирма Winsun, 2015 г. [10]

Според американски специалисти в областта, все пак при фирмата Winsun става дума за отпечатване на сградни елементи и сглобяването им вкъщи.

3D печатът може да се използва и за производство на вътрешно обзавеждане. Поради по-малкия формат на готовите продукти, там не са нужни толкова големи принтери, както в печата на сгради и затова първите реализации датират още от 2005 г. На фиг. 6 са показани мебелите, отпечатани от биопластмаса от финландския дизайнер **Janne Kyttanen**, носител на множество награди за дизайн (Winner of the Best Newcomer Award, the Red Dot Design Award 2005, the Best New Exhibitor Award) [1]. Използваната биопластмаса може да се преработи вторично, като се смели на прах.



Фиг. 6. Отпечатани от пластмаса маси и столове от финландския дизайнер Janne Kyttanen [1]

Макар и да става дума само за първи реализации и прохождение на тази технология за изграждане на строителни обекти, вече могат да бъдат обобщени някои от нейните предимства:

- бързина на изграждане;
- относителна простота;
- възможност за използване на рециклирани строителни материали;
- ниска крайна цена на строителството;
- подходяща е за условия, негостоприемни за човека, защото основната работа се върши от машина;
- удачно решение за сложни сградни форми;
- подходяща за малки серии или уникални обекти.

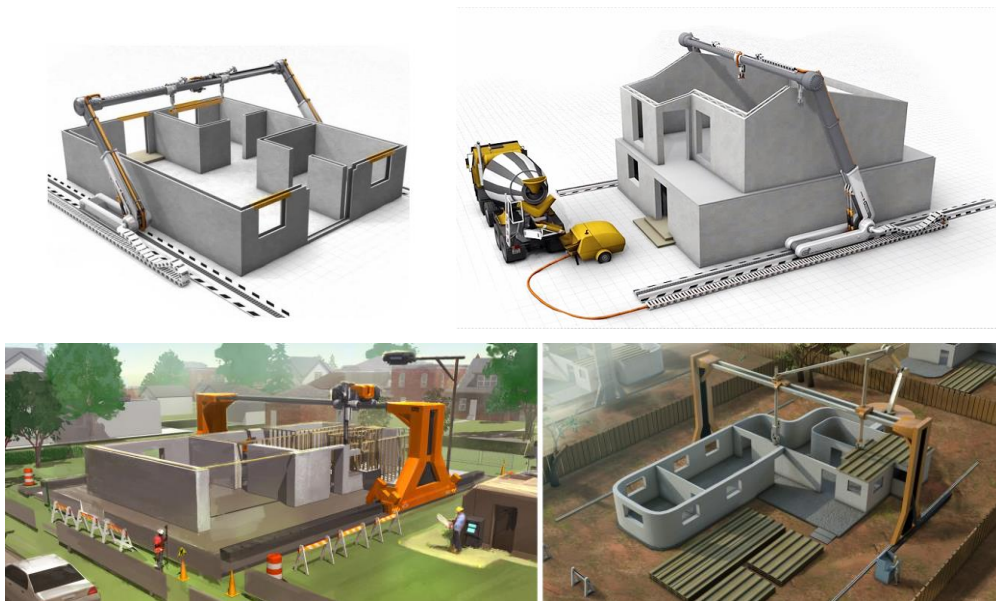
3. Предизвикателства пред 3D печата на сгради и съоръжения

След първите примери предстои реализация и на по-сложни проекти. Докато първите опити бяха най-вече в областта на жилищното едноетажно и двуетажно строителство, предстои приложение на тримерния печат за целите на общественото строителство. В момента в Дубай се разработва проект на „Музей на бъдещето” [12] с екстравагантна форма, който частично ще бъде изпълнен с 3D печат (фиг. 7). Срокът за реализация на този проект на стойност 136 млн. долара е 2017 г.



Фиг. 7. Проект на „Музей на бъдещето” в Дубай [12]

Основополагащ и многообещаващ е друг проект на име Contour Crafting в Южна Калифорния [8], който включва най-големия досега разработван 3D принтер, който да печата не отделни сградни елементи, а цяла двуетажна къща с по-сложно разпределение за 24 часа (фиг. 8). Някои специалисти считат, че Winsun е заимствала идеи от Contour Crafting. В описанието на проекта се посочва, че тази технология не само допуска, но и предполага по-сериозно участие на бъдещия обитател в сглобяването на проекта на бъдещия му дом от набор готови проектни елементи, което би довело до по-голямо разнообразие в градските квартали.



Фиг. 8. Най-големият досега разработван принтер на Contour Crafting в Южна Калифорния [8]

Авторите на технологията на Contour Crafting, които са водещи в 3D печата на сгради, смятат, че тя ще е приложима също така на Луната и Марс, където с нейна помощ и на базата на изцяло местни материали бързо и евтино, без човешко участие ще могат да се подготвят обитаеми и складови помещения [11] – фиг. 9.

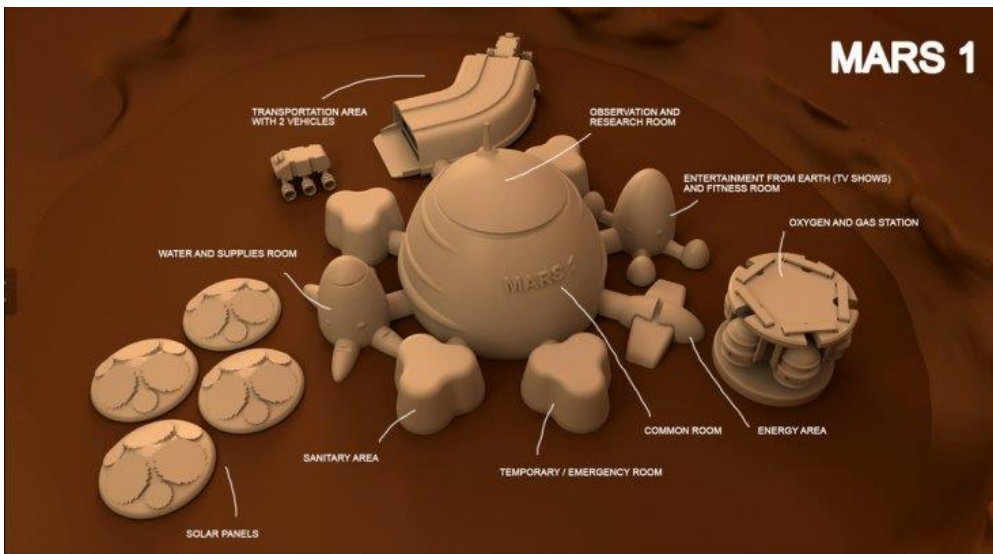
Наскоро НАСА проведе концептуален конкурс с предмет организация на полет до Марс с възможно най-лек товар, който все пак да е в състояние да осигури усло-

вията за бъдеща човешка колония там. Най-големи надежди бяха възложени на 3D печата, с помощта на който на базата на подходящи местни марсиански материали да се изградят бази със защитени помещения, в които след време да се заселят хора.

Европейският проект Марс-1 [9] също разчита на тази технология (фиг. 10). А към потенциала на тази технология можем да добавим и възможността 3D принтерите да печатат други 3D принтери.



Фиг. 9. Изграждане на бази на Луната с местни материали и 3D печат [11]



Фиг. 10. Изграждане на бази на Марс с местни материали и 3D печат [9]

Спецификата на 3D печата изисква разработка на нови строителни материали. Вдъхновени от слоестата структура на човешките кости, изследователи от Масачузетския технологичен институт [6] са създали три различни синтетични свръхздрави материали, които се печатат с 3D принтер в последователни слоеве. Така се получава хибриден метаматериал с 22 пъти по-голяма здравина от тази на компонентите си, за

който се счита, че в бъдеще ще намери приложение в архитектурата за създаване на високоефективни и здрави сгради.

Тази разработка подсказва, че променяйки дизайна на материалите на микро-ниво, архитектите и инженерите ще могат да променят принципите на строителството в макрониво.

Технологията на 3D печата крие много предизвикателства. От технологична гледна точка те могат да бъдат систематизирани в следните няколко групи:

- търсене на нови приложения на 3D печата в строителството;
- търсене на нови материали – с по-голяма здравина, безотпадни, с възможности за многократно рециклиране и използване;
- решаване на проблеми, свързани с пожароустойчивост (fireproofing), ослънчване (insulation), водоустойчивост (waterproofing);
- използване на различни строителни материали и различни печатащи глави, подходящи за тях, в един и същ голямоформатен принтер;
- развитие на 3D печата на метални конструкции, като се заимства опит от други по-напреднали отрасли;
- развитие и усложняване на технологията, за да бъде използвана за земетръсни райони;
- решаване на проблема с тази част от строителните отпадъци, които могат да се рециклират и вложат отново в строителство, с цел постигане на екологична устойчивост;
- разработване на методи за 3D печат в условията на безтегловност или ниска гравитация, в атмосферна или течна среда, както и във вакуум;
- изготвяне на индустриален стандарт за 3D печат в строителството.

Тази нова технология отправя предизвикателства и към архитектурната гилдия, която ще има на разположение друг начин на изграждане на сградите, с чиито ограничения, особености и предимства ще трябва да се съобразява. А новата технология в архитектурата и строителството със сигурност ще доведе до нов архитектурен облик на сградите на бъдещето.

4. Изводи

Свидетели сме на възникването и развитието на една нова технология в строителството, която има потенциала да промени сериозно и възможностите ни, и досегашните ни технологии за проектиране. Тя отправя нови предизвикателства към строителната индустрия и в още по-голяма степен към архитектурното и инженерното образование, които подготвят кадри, на които им предстои да се реализират в идните 40 години. От значение е и че тази технология решава някои проблеми на устойчивото развитие, понеже е способна да оползотвори безопасните строителни отпадъци, като ги вложи в нови строителни материали, както и да помогне на човечеството в овладяването на нови територии в Космоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. 10 Ingenious Furniture Designs Made With 3D Printing. Интернет адрес: <http://www.designer-daily.com/10-ingenious-furniture-designs-made-with-3d-printing-33685>.
2. 3D printer build a house in 20 hours. Видео на интернет адрес: <https://www.youtube.com/watch?v=XFNbbVTNT10>.
3. 3D Printers: MakerBot Replicator 2. Интернет адрес: <http://9to5mac.com/2014/07/02/9to5toys-lunch-break-3d-printers-from-600-westinghouse-24%E2%80%B3-1080p-hdtv-100-fantastical-2-for-ipad-15-more/>.
4. 3D printing. Wikipedia, интернет адрес: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing.
5. *Blumenthal, W.* 3D Printing's Contribution in the Making of Architectural Marvels! January 16, 2015; интернет адрес: <http://www.1click3dprint.com/blog/3d-printing/3d-printings-contribution-in-the-making-of-architectural-marvels/>.
6. *Brehm, D.* Researchers develop method to design synthetic bone and quickly turn the design into reality using computer optimization and 3-D printing. 2013, интернет адрес: <https://cee.mit.edu/news/releases/2013/3D-printing-synthetic-bone-and-composites-material/>
7. Building printing. Wikipedia, интернет адрес: https://en.wikipedia.org/wiki/Building_printing.
8. *Grozdanic, L.* Huge 3D Printer Can Print an Entire Two-Story House in Under a Day. 2014, интернет адрес: <http://inhabitat.com/large-3d-printer-can-print-an-entire-two-story-house-in-under-a-day/>
9. *Russon M.*, Nasa Mars Makers Competition: Beautiful 3D-Printed Martian Base Designs, интернет адрес: <http://www.ibtimes.co.uk/nasa-mars-makers-competition-beautiful-3d-printed-martian-base-designs-1459396>.
10. *Stampler, L.* A Chinese Company 3D-Printed This Five-Story Apartment Building. 2015, интернет адрес: <http://time.com/3674557/3d-printed-apartment-building-winsun/>.
11. *Zolfagharifard, E.* NASA's plan to build homes on the Moon: Space agency backs 3D print technology which could build base. Интернет адрес: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2539857/How-3D-printing-help-colonise-moon-Contour-Crafting-technique-build-lunar-bases-astronauts-just-24-hours.html>.
12. Дубай ще строи Музей на бъдещето чрез 3D принтиране. Интернет адрес: http://www.dnevnik.bg/live/gradska_sreda/2015/03/09/2487032_dubai_shte_stroi_muzei_na_budeshteto_chrez_3d/.

3D PRINTED BUILDINGS – ACHIEVEMENTS AND CHALLENGES

St. Ivanova¹

Keywords: 3D printing, new technologies, three-dimensional modeling

Research area: modern materials and technologies

ABSTRACT

3D printing is a new technology for the construction of three-dimensional objects by superimposing material in consecutive layers in height. This technology is used in a variety of fields. Over the past year the number of applications of this technology increased in the building industry – both for building small one-storey houses, and of two- or more storey buildings with more complex layout. Typical for this type of construction are the fast speed of construction, low cost and the possibility of using recycled building materials. The number of implementations is growing every month, which leads to increasing interest and high expectations to this method of construction. This requires the building industry and engineering education to study these new technological possibilities and to consider their application on our territory in our conditions.

¹ Stoyanka Ivanova, Chief Asst. Dr. Arch., Dept. “Computer-Aided Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: solaria@online.bg

