Н.Ю. КАЗАКОВА

Доктор искусствоведения, Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)
e-mail: vkr-env.design@mail.ru

N.Y. KAZAKOVA

Doctor of arts, Russian state University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)
e-mail: vkr-env.design@mail.ru

О.Г. ГРИГОРЯН

Магистрант 2-го курса, Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)
e-mail: ogannesgrigoryan.95@mail.ru

O.G. GRIGORYAN

2 year master's degree student, Russian state University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)
e-mail: ogannesgrigoryan.95@mail.ru

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДУЛЬНЫХ ПОСТРОЕК НА ПЛАНЕТЕ МАРС

THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE 3D-PRINTING METHOD FOR CONSTRUCTION OF THE MODULAR BUILDINGS ON THE PLANET MARS

Целью данного исследования является всестороннее изучение спектра художественно-проектных задач, которые могут быть решены при помощи использования метода трехмерной печати в рамках программы колонизации планеты Марс. Актуальность темы обуславливается широчайшими горизонтами, впервые открывающимися перед проектной культурой, призванной гуманизировать и до некоторой степени эстетизировать априори враждебную человеку среду Красной планеты. Использование 3D-принтеров непосредственно на территории Марса позволит

избежать целого ряда проблем, неминуемо возникающих при необходимости возведения многоцелевых модульных зданий в условиях жесткого ограничения ресурсов.

The purpose of the present article is a comprehensive study of the artistic and project-oriented problems which can be solved with the help of 3d-printing within the framework of the Mars colonization programme. The urgency of the research is based on the broadest horizons for the first time opening up in front of the project culture that is to make the environment of the Red planet which is by default hostile to man more humane and aesthetically appealing. The usage of 3D printing directly on the Mars surface will be instrumental in avoiding a wide range of problems which are bound to arise due to the necessity of erecting multipurpose modular buildings under the conditions of severely scarce resources.

Ключевые слова: проектирование поселений, архитектурные сооружения на Марсе, колонизация Марса, инновационные подходы в дизайне среды, 3D-печать, марсианский реголит.
Keywords: settlement design, architectural structures on Mars, colonization of Mars, innovative approaches in environmental design, 3D printing, Martian regolith.

Международные научно-исследовательские организации, такие как «Роскосмос», Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (НАСА) и Европейское Космическое Агентство (ЕКА), уже на протяжении достаточно долгого времени изучают возможность создания постоянных баз на Марсе и Луне, переводя тем самым вопрос колонизации ближайших к Земле небесных тел из разряда научно-фантастических конструктов во вполне осуществимые проекты ближайшего будущего. Однако, очевидно, что для достижения этой амбициозной цели потребуется немало сил и ресурсов, в т.ч. и для создания надежных и долговечных многофункциональных модульных построек, которые станут фактически единственным барьером между антропогенной и враждебной окружающей средой в этих космических мирах. С задачей подобного масштаба и важности по сооружению постоянных жилищ во внеземной среде проектная культура

сталкивается впервые: например, космические корабли серий «Союз» и «Аполлон» служили средой обитания космонавтов на протяжении сравнительно небольшого срока, в то время как колонисты Марса проведут всю свою жизнь в жилищах, которые им самим и предстоит возвести на Красной планете. При разработке концепций зданий, предназначенных для использования во внеземной среде, необходимо учитывать, что они должны быть максимально устойчивыми к воздействию негативных факторов окружающей среды, достаточно вместительными как для комфортного проживания колонистов, так и для размещения всего необходимого оборудования. Кроме того, необходимость решения комплексных задач в условиях ограниченных ресурсов означает максимальное усложнение функциональной составляющей подобного рода построек при соблюдении высоких художественно-эстетических стандартов при проектировании их формальных характеристик.

При этом, архитекторам, инженерам и дизайнерам, которые будут принимать участие в разработке проектов подобного рода сооружений, необходимо в полной мере понимать, какой объем ресурсов (сырья, трудовременных затрат и т.д.) необходимо будет затратить на возведение данных многофункциональных зданий, т.к. ошибки в расчетах могут оказаться фатальными для колонистов. Залогом успеха миссии по колонизации внеземных пространств, вероятнее всего, будет являться использование местных ресурсов для планомерного и предсказуемого создания антропогенной среды. Учитывая, что космонавтам-колонизаторам придется строить поселения из местных ресурсов сразу по прибытии, международные и национальные научно-исследовательские организации делают ставку на 3D-печать как наиболее подходящую для осуществления столь амбициозного проекта современную технологию.

В 2015 году НАСА в рамках программы «Centennial Challenge Program» организовало конкурс «3D Printed Habitat» на разработку лучшего проекта создаваемого методом 3D-печати жилья. Первоочередной задачей конкурсантов было разработать среду обитания для условного человеческого поселения на планете Марс, используя методы и материалы 3d-печати.

3D-печать, или «аддитивное производство», создает объекты из исходного материала, обычно путем нагрева и экструдированием материала через специальные головки трехмерной печати под управлением компьютера. Для создания большинства объектов требуется несколько

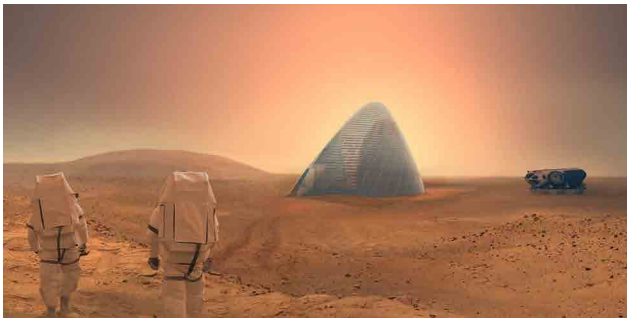


Рисунок 1. Проект «Ледяного дома на Марсе» (англ. Mars Ice House)

слоев материала, который сформирует окончательную структуру по мере его охлаждения и затвердевания. Современные технологии трехмерной печати имеют огромное значение во многих промышленных процессах, которые успешно адаптировали данную технологию для решения актуальных задач. Материалы, используемые для 3D-печати, крайне разнообразны — это пластмассы, металлы, различные химические соединения и даже живые клеточные ткани. В настоящее время трехмерная печать используется для создания масштабных конструкций, таких как каркасы домов, автомобильные рамы и интерьеры самолетов.

Первый этап конкурса был проведен с мая по сентябрь 2015 года, и каждый участвующий дизайн-проект оценивался с точки зрения таких параметров как функциональность, экологичность, эргономичность (под которой в данном случае подразумевалось удобства проживания при соответствии условиям «Красной планеты»), а также практичность процедуры строительства при использовании 3D-печати. В конкурсе участвовало более 165 команд, и подавляющее большинство из них сделали ставку на важнейший подготовительный этап строительства жилищ еще до прибытия колонистов, осуществляемый в автоматизированном режиме роверами. Большинство команд в качестве используемого сырья для своего проекта указали марсианский реголит — рыхлый песок и камень, находящиеся на марсианской поверхности. Первое место в конкурсе заняла команда, образованная сотрудничающими друг с другом группами: студией «SEArch» (Space Exploration Architecture) и архитектурным агентством «Clouds AO» (Clouds Architecture Office). Авторы работы, ссылаясь на изобилие воды и низкие температуры в северных широтах Марса, предложили построить ледяной дом, что обусловило выбор названия проекта «Ледяной дом на Марсе» (англ. Mars Ice House) (рис. 1) [1, с. 15].

Материалом для строительства дома предложили считать марсианский лед.



Рисунок 2. Проект команды «Team Gamma»

Помимо льда, данная команда предложила использовать и жилой модуль космического корабля, равно как и другие его части, в качестве источника строительных ресурсов. Проект жилища подразумевал и развертывание надувной мембраны вокруг строящейся конструкции для создания жилой зоны, отделенной от марсианской атмосферы. Автоматизированные роверы, мобильные роботизированные аппараты, способные собирать сырье, подготавливать площадку для строительства и осуществлять 3D-печать, предположительно должны будут извлекать из марсианской почвы лед и воду и с помощью 3D-печати постепенно формировать внутреннюю поверхность жилища, служащую каркасом, защищающую от солнечной радиации и в тоже время пропускающую солнечный свет, поддерживающий рост растительности, которая, в свою очередь, может быть использована для производства кислорода.

Второе место заняла команда «Team Gamma» (рис. 2), представляющая архитектурную фирму «Foster + Partners» [1, с. 16], которая ранее разрабатывала дизайн — проект базы на Луне для ЕКА.

Данный концепт базируется на создании герметичных покрытых марсианским реголитом конструкций, способных поддерживать приходную для дыхания атмосферу. Данная концепция подразумевает и использование особых роботизированных конструкций повышенной функциональности (что, однако, означает и крайне значительные затраты на их разработку и эксплуатацию). Роботизированный экскаватор должен будет подготавливать марсианскую поверхность и среду обитания, в то время как ровер будет собирать и распределять строительный материал, после этого при использовании метода трехмерной печати марсианский реголит будет расплавляться с помощью микроволнового излучения. По мнению разработчиков проекта, практически полная автоматизация процесса строительства позволит существенно повысить надежность жилых конструкций.

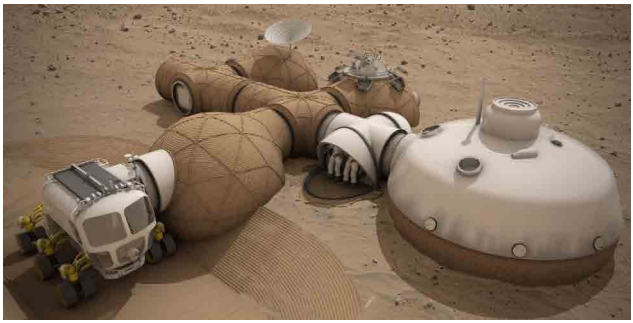


Рисунок 3. Проект команды «LavaHive»

Третье место досталось команде «LavaHive» (рис. 3) [2, с. 5], которой принадлежит идея создания островов-жилищ для первых колонистов. «Lava Hive» (англ. «улей из лавы») представляет собой концепцию модульного жилья, создаваемого на Марсе методом поэтапного, аддитивного строительства при использовании метода 3D-печати и включения повторно используемых материалов и конструкций космических летательных аппаратов.

«Lava Hive» состоит из прозрачного модуля с трехслойными армированными стенами, в который будет подаваться воздух, давление которого и будет обеспечивать устойчивость конструкции, и серий взаимосвязанных подструктур, изготовленных из спеченного или расплавленного марсианского реголита, что подразумевает использование высоких температур или давления. Данная модульная конструкция позиционируется как ряд взаимосвязанных жилых помещений, предназначенных для проживания колонистов первой миссии, прибывшей на Марс с целью его освоения.

Результаты первого этапа конкурса оказались крайне интересными и для самого организатора, НАСА. Инженерная команда исследовательского центра НАСА «Langley Research Center» в Вирджинии, США, заключила контракт с командой, разработавшей проект «Mars Ice House», что подразумевает и дальнейшую адаптацию данной концепции к максимально приближенным к марсианским условиям, что, в свою очередь, ориентировано на итоговую реализацию проекта непосредственно на Марсе. Другой проект, «LavaHive», заинтересовал Европейское космическое агентство, которое, совместно с немецким аэрокосмическим центром, займется его доработкой с целью дальнейшего применения концепции как основы создания базы на единственном естественном спутнике Земли.

В то время как первый этап конкурса был сфокусирован на разработке дизайна жилых пространств, второй его этап, начавшийся в октябре 2016 года и продлившийся до августа 2017 года, потребовал от команд демонстрации скорее технических, нежели исключительно художественных, навыков в плане выработки эксклюзивных методик строительства при использовании 3D-печати.



Рисунок 4. Проект команды «Zopherus»

Доктор Трэсси Пратер из лаборатории материалов и процессов аэрокосмического центра Маршалла (Marshall Space Flight Center) описывает новую задачу как испытание технологии трехмерной печати в условиях повышенной сложности. Команды, участвовавшие в конкурсе, в числе прочего предложили изменить форму головки экструдера системы для размещения специальных печатных материалов с лазерным индукционным нагревом. Все проекты, разработанные командами, будут проходить проверку прочности в центре «Caterpillar Edwards Demonstration».

Третий этап конкурса прошел в 2018 году, и его основная задача была еще более амбициозной: комплексная разработка многофункциональной среды обитания для колонистов внеземных пространств. Особое внимание при этом уделяется способам обеспечения сырьем и строительными материалами подобных объектов. Отметим, что практически все представленные на конкурс дизайн-концепции, в основном, основаны на использовании марсианского реголита как наиболее доступного строительного материала.

По результатам завершившегося в середине 2018 года конкурса команда «Zopherus» (рис. 4) была удостоена первого места за свой уникальный проект создания модульной среды обитания для поселенцев на Марсе, создаваемой с использованием метода трехмерной печати и марсианского грунта, реголита, без вмешательства человека, полностью автоматизированным способом.

Отмечается, что хотя встречающиеся на Земле аналоги, такие как базальт и вулканический пепел, могут быть использованы вместо

реголита, однако окончательное решение по возможности использования этих материалов может быть принято только после проведения научных исследований, касающихся особенностей изменения их физических и химических свойств во внеземной среде.

Дизайнеры, архитекторы, ученые и исследователи разных стран также ведут изучение свойств различных материалов, способных обеспечить максимальную долговечность проектируемых марсианских поселений. Среди материалов, являющихся возможной к альтернативным строительным материалам, применения которых изучается как НАСА, так и другими компаниями, можно отнести смесь полимеров с реголитом, а к перспективным методикам: использование электролитов для извлечения железа и кислорода из реголита, равно как и замена серы, содержащейся в марсианском базальте, водой при создании цемента из реголита.

В целом идея применения технологии 3D-печати уже достаточно долгое время импонирует многим аэрокосмически агентствам. Так, например, директор ЕКА Йохан-Дитрих Вёрнер является сторонником идеи проекта «Лунной деревни», которую планируется возводить при использовании местных материалов. Аналогичные цели были сформулированы Роскосмосом, который предложил собственные методы построения лунной базы с применением реголитс как основного строительного материала. Программы большинства космических агентств являются крайне актуальными, динамично реагирующими на современные тренды и активно задействующими новейшие технологии.

В заключение хотелось бы подчеркнуть необходимость изучения международного опыта и усвоения лучших практик в такой высокотехнологичной сфере применения дизайна, как разработка антропогенной среды на внеземных территориях с целью создания конкурентоспособных отечественных проектов.

Библиография:

1. *Казакова Н.Ю. Григорян О.Г.* Особенности дизайн проектирования предметно-пространственной среды поселений на планете Марс // XIV международная научно-практическая конференция «Академическая наука — проблемы и достижения». Научно-исследовательский центр «Академический», North Charleston, USA. 2017 г. Т. 2. С. 15.

2. *Казакова Н.Ю. Григорян О.Г.* Использование 3D-печати для создания комфортной среды обитания человека на планете Марс // XVI международная научно-практическая конференция «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований» Научно-исследовательский центр «Академический», North Charleston, USA. 2018 г. Т. 1. С. 5.

3. URL: https: // www.nasa.gov/content/nasas-journey-to-mars (дата обращения: 1.10 2018).

4. URL: https: // www.vesti.ru/doc.html?id=2837570 (дата обращения: 2.10.2017).

5. URL: https: // www.youtube.com/watch?v=Mqsg2KM9gSw (дата обращения: 4.10.2018).

6. URL: https: // www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html (дата обращения: 6.10.2018).

7. URL: https: // archspeech.com/article/v-nasa-predlozhili-stroit-na-marse-doma-izo-l-da (дата обращения: 7.10.2018).

8. URL: https: // realty.rbc.ru/news/5b5f027f9a7947d819d90897 (дата обращения: 10.10.2018).

9. URL: https: // tvzvezda.ru/news/vstrane_i_mire/content/201807282219-sxyn.htm (дата обращения: 15.10.2018).

10. URL: https: //magmens.com/tech/2103-pervyy-polet-cheloveka-na-mars/ (дата обращения: 17.10.2018).