Олег Фоговский
Валерий Гумаров

Инновационные системы: достижения и проблемы.

Второе издание, переработанное и дополненное.

В трех частях. Часть I I.

Конкретные примеры получения продуктов инновационных систем по странам и направлениям

Валерий Гумаров

Инновационные системы: достижения и проблемы. В трех частях. Часть I I. Конкретные примеры получения продуктов инновационных систем по странам и направлениям

https://litres.ru/74646787
SelfPub; 2026

Аннотация

Предлагаемая читателям книга является второй частью монографии «Инновационные системы: достижения и проблемы». Вторая часть монографии представляет достижения стран, в которых инновационные системы стали движущим элементом научно-технического прогресса, где процесс совершенствования техники, технологий, энергетики, товаров и услуг на основе использования результатов научных исследований привел к весомым экономическим, социальным, экологическим и информационным эффектам. В нашей книге не про аутсайдеров научно-технического прогресса, а про

лидеров и их достижения. Материалы, представленные в книги, предлагаются к прочтению, изучению и практическому использованию всем заинтересованным лицам. В первую студентам и аспирантам, преподавателям и руководителям университетов, инженерам и конструкторам предприятий, менеджерам, в чьих должностных обязанностях прописаны инновации, чиновникам и политикам, радеющим за инновации.

Содержание

От авторов 5
1. Конкретные примеры продуктов инновационных систем 9
1.1 3D-печать 9
1.1.2 3D-печать в медицине 11
1.1.3 4D-печать 25
1.1.4 Промышленная 3D-печать 31
1.1.5 3D-печать и автомобильная промышленность 32
1.1.6 3D-печать и авиастроение 38
1.1.7 3D-печать в строительстве 40
1.1.8 3D-печать в космосе 47
1.1.9 Гонка производителей 3D-принтеров 51
1.1.10 Нестандартные применения 3D-печати 66
1.1.11 3D-печать – новая эра производства вещей 82
1.2 Зелёные технологии 84
Конец ознакомительного фрагмента. 88

Валерий Гумаров Инновационные системы: достижения и проблемы. В трех частях. Часть I I. Конкретные примеры получения продуктов инновационных систем по странам и направлениям

От авторов

Предлагаемая читателям книга является второй частью монографии «Инновационные системы: достижения и проблемы», которая включает в себя три основных блока:

Инновации – теоретические аспекты инноваций, представление инновационных систем стран, достигших в этом направлении значительных успехов.

Достижения – конкретные примеры получения продук-

тов инновационных систем по странам и направлениям.

Проблемы – что мешает продуктивной работе инновационных систем и как повысить их эффективность.

Первая часть монографии «Инновационные системы: достижения и проблемы. Теоретические аспекты инноваций, представление инновационных систем стран, достигших в этом направлении значительных успехов» опубликована в издательстве «Литрес». Готовится к публикации третья часть монографии «Инновационные системы: достижения и проблемы. Проблемы инновационных систем, возможные механизмы их разрешения».

Вторая часть монографии представляет достижения стран, в которых инновационные системы стали движущим элементом научно-технического прогресса, где процесс совершенствования техники, технологий, энергетики, товаров и услуг на основе использования результатов научных исследований привел к весомым экономическим, социальным, экологическим и информационным эффектам.

Инновации становятся значимой частью экономики и повседневной составляющей жизни обывателей там, где создана отлаженная инновационная система, а не ее фрагментарная имитация, когда дальше благих пожеланий модернизации и интенсификации дело не идет. Инновации без инновационной системы – пустой звук. Там, где практикуется имитация, инновации только мешают – одним богатеть, другим беднеть, при том, что все довольны. Первые – что жизнь уда-

лась, вторые – что ещё живы. Средний класс – основной потребитель инновационных продуктов и главный поставщик свежих мозгов и умелых рук для их производства – присутствует в таких странах лишь как чужеродная прослойка.

В нашей книге не про аутсайдеров научно-технического прогресса, а про лидеров и их достижения, про что и пойдёт речь в этой части монографии «Инновационные системы: достижения и проблемы».

Материалы, представленные в книги, предлагаются к прочтению, изучению и практическому использованию всем заинтересованным лицам. В первую студентам и аспирантам, преподавателям и руководителям университетов, инженерам и конструкторам предприятий, менеджерам, в чьих должностных обязанностях прописаны инновации, чиновникам и политикам, радеющим за инновации.

В монография задействованы обзорные и публицистические статьи академика Олега Фиговского, опубликованные за последние годы в изданиях России, США, Израиля, других стран. Также в текст вошли публикации Валерия Гумарова, размещенные на сайтах технической и научной направленности. При работе над монографией были использованы публикации учёных и аналитиков многих стран, коим мы выражаем искреннюю благодарность.

Олег Фиговский *, академик Европейской Академии Наук, президент Союза изобретателей Израиля, лауреат премий «Golden Angel Prize», «NASA NanotechBriefs® Nano 50™*

Award», «2015 Presidential Green Chemistry Challenge Award», кавалер ордена «Инженерная Слава».

***Валерий Гумаров** , инженер, выпускник Московского физико-технического института, бывший администратор и редактор портала Нанотехнологического Общества России, экс-ответственный секретарь журнала «NBICS-Наука.Технологии», фрилансер.*

1. Конкретные примеры продуктов инновационных систем

1.1 3D-печать

Согласно одной из общепринятых моделей общества, а вместе с ним и производственных отношений, формирующих экономический каркас всех общественно-экономических систем, их развитие идёт по спирали, каждый из витков которой знаменуется принципиальным изменением подхода к производству, что сразу отражается на объёме производимой продукции, её качестве и доступности для потребителя. Когда-то применение паровых машин на фабриках, потом начало массового применения электричества, ещё позже изобретение конвейерного производства – на каждом из этих этапов производственная культура делала резкий рывок в стремлении удовлетворить растущие потребности потребителей. В наши дни таким фактором, давшим новый толчок прогрессу, стало распространение цифровых технологий: 3D-моделирования, 3D-сканирования, объёмной печати и роботизации. Цифровые технологии изменяют саму концепцию производства, делая его дешевле, точнее, быстрее и удобней.

Формально, про 3D-печать слышали многие. Развитие аддитивных технологий, как по-научному зовётся 3-D печать, происходит быстрыми темпами. Но они ещё не дошли до массового рынка, их продукция не стала предметом повседневного спроса, как нынешние гаджеты. Это связано с такими преградами, как знания о материалах, наличие 3D-модели, неочевидность применения технологии для задач клиентов. Ну и, разумеется, с людской психологией, с человеческой инертностью по отношению к чему-то новому и необычному. А ведь технологии 3-D печати, не замечаемые рядовым обывателям, уже вошли в их жизнь через ныне широко применяемое цифровое производство разнообразных пластиковых и металлических изделий. Хотя аддитивная технология в сфере промышленного производства сама по себе может вызвать очередную технологическую революцию, гораздо более поразительно развитие биопринтеров.

1.1.2 3D-печать в медицине

Нет ничего важнее здоровья, и уже сегодня цифровые технологии становятся буквально незаменимы в этой области. 3D-моделирование и 3D-печать успешно применяются в сфере, где особенно важен индивидуальный подход и строгое соответствие создаваемого предмета анатомии пациента. Уже сейчас так производят имплантаты, заменяющие поражённые кости и суставы. Просканировав область вмешательства и объединив данные с компьютерной томографией, врачи могут смоделировать и распечатать необходимый имплантат с точностью до долей миллиметра. После этого проверяется правильность геометрии полученного имплантата и происходит подготовка к операции на распечатанной по томографии пациента 3D-модели. Такие технологии уже применяются во всем мире.

Также уже создаются доступные бионические протезы, дающие новые возможности людям с ампутированными конечностями и даже животным. Врачи распечатывают индивидуальные шины, ортезы и лангеты, фиксирующие конечности при лечении переломов – они намного более удобны в применении и комфортны для пациента, чем традиционный гипс.

Активно применяют новые 3D-технологии в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Они позволяют с уди-

вительной точностью планировать и проводить лечение, а также проектировать и создавать индивидуальные протезы и временные коронки как отдельных зубов, так и целых челюстных фрагментов.

Как это происходит:

1. Совмещается 3D-скан челюсти пациента с данными компьютерной томографии для высокоточного планирования размещения имплантата с учётом качества кости пациента, расположения нерва и артерии.

2. Определяется размер и форма имплантата и требуемый угол его установки.

3. По этим данным на 3D-принтере печатается хирургический шаблон, позволяющий не допустить врачебную ошибку при установке имплантата во время операции.

4. Печатается или фрезеруется временная коронка, для правильного заживления мягких тканей на послеоперационный период.

5. Печатается или фрезеруется постоянная металлокерамическая коронка из биосовместимого металла (титан или кобальт-хром).

Применяется 3D-печать и в ортодонтии для создания элайнеров – приспособлений исправляющих прикус, пришедших на смену неудобным и травмирующим брекет-системам. Этот метод сейчас довольно сильно набирает обороты по всему миру, элайнеры почти невидимы, но они действительно корректируют положение зубов и реально рабо-

тают.

По большей части для изготовления 3D-печатных имплантатов используется тот же титановый порошок, что и для обычных. Их отличие в том, что 3D-принтер может придать порошку абсолютно любую форму. Вместо стандартных протезов, которые изготавливаются на промышленном оборудовании, 3D-принтер создаёт чрезвычайно сложные геометрические конструкции, которые идеально замещают повреждённые и разрушенные кости. Ещё одно преимущество 3D-печатных имплантатов заключается в пористой структуре, в которую врастают кости.

Самой ожидаемой технологией в медицине остаётся, конечно, печать живых органов. В отличие от традиционной трансплантации, восстановление тканей на основе 3D-печати позволит избежать таких проблем, как отторжение органов иммунной системой, а постановка технологии на поток откроет врачам возможность выращивать из клеток пациента новые органы, что поможет решить проблему нехватки органов для трансплантации. Широко известно напечатанное на 3D-принтере ухо, ведутся работы с клетками мышц, печени и кожи. Такие технологии позволят полностью восстанавливать повреждённые или утраченные ткани и органы.

К примеру, ученые Израиля провели трансплантацию напечатанной на 3D-принтере роговицы человеку со слепотой и добились восстановления зрения. Особенность новой технологии предполагает простую и быструю печать ткани

по заданным характеристикам. Такое лечение может помочь миллионам людей, которые из-за травм, инфекций или генетических изменений теряют зрение.

Впервые технологию 3D-биопечати роговицы представили в 2018 году. Тогда ученые показали, что за шесть минут можно получить полностью готовый имплантат для пересадки человеку. С тех пор были проведены множественные эксперименты, и теперь сообщается о первой успешной трансплантации роговицы женщине со слепотой. Сегодня пересадка роговицы предполагает использование донорского биоматериала, однако проведение таких операций проводится лишь в некоторых развитых странах. Ученые из Ньюкаслского университета стремились упросить процесс получения новой ткани и придумали технологию, где всего лишь одна роговица здорового умершего донора может быть культивирована в лаборатории в 300 полноценных имплантатов.

«Особенность подхода позволяет использовать технологию в странах по всему миру и решить проблему нехватки донорской ткани», — заявили ученые.

Пересадку роговицы провели женщине со слепотой в октябре 2025 года в израильском Офтальмологическом институте Рамбам. Это первый случай успешной трансплантации пациенту роговичного имплантата, выращенного исключительно из культивированных клеток роговицы человека, а не из донорской ткани. Ранее ученые заявляли, что технологию также можно использовать для печати ткани сердца, пече-

ни и почек. Успехи в 3D-печати роговицы простимулируют дальнейшее применение метода в регенеративной медицине.

А началось все, пожалуй, в 2002 году, когда профессор Тоямского университета Макото Накамура увидел, что капли чернил в стандартном струйном принтере имеют примерно такой же размер, как клетки человека. После этого он адаптировал технологии и в 2008 году создал рабочую модель биопринтера, которая осуществляет печать биотрубочек, похожих на кровеносные сосуды, что вывело технологии 3D-печати на уровень медицинских приложений, где открылась возможность буквально распечатывать внутренние органы, готовые к трансплантации.

Другим пионером в области биопечати явилась компания Organovo, которая была создана исследовательской группой под руководством профессора Габора Форгача из университета Миссури. С марта 2008 года Organovo задалась целью создать технологии биопечати функционирующих кровеносных сосудов и сердечной ткани с помощью клеток, полученных из тканей цыплёнка. Эта работа опиралась на прототип биопринтера с тремя печатающими головками. Первые две головки выводят кардио- и эндотелиальные клетки, в то время как третья выделяет коллагеновую основу – так называемую «биобумагу» – для поддержки клеток во время печати.

Как продемонстрировала компания Organovo, при использовании процесса биопечати не обязательно печатать

орган во всех деталях. Достаточно правильно расположить соответствующие клетки в ряды, а природа сама завершит работу. Этот процесс красноречиво свидетельствует о том, что клетки, содержащиеся в биочернильных сфероидах способны перестраиваться после печати. Например, экспериментальные сосуды были напечатаны с помощью биопринтера с использованием биочернильных сфероидов и состояли из совокупности тканей эндотелия, гладких мышц и фибробластов.

После того, как они были выстроены (уложены в слои) головкой биопринтера, эндотелиальные клетки мигрировали внутрь созданных кровеносных сосудов, клетки гладкой мускулатуры двигались в середину, а фибробласты мигрировали наружу без дополнительного вмешательства. Клетки более сложных тканей и органов, например, капилляров и других внутренних структур, после печати на биопринтере также самостоятельно принимают естественное положение. Этот процесс может показаться почти волшебным. Однако, как объясняет профессор Габор Форгач, он ничем не отличается от процесса, который происходит в клетках эмбриона, которые «знают», как правильно расположиться и сформировать сложные органы. Природа развила эту удивительную способность за миллионы лет. Соответствующие типы клеток, оказавшись в нужных местах, каким-то образом знают, что им делать.

Ожидается, что первое коммерческое применение био-

принтеров будет заключаться в производстве простых человеческих структурных тканей для токсикологических испытаний. Это позволит учёным тестировать лекарства на моделях печени и других органах, созданных на биопринтере, тем самым снижая потребность в экспериментах на животных.

Organovo ожидает, что первым искусственно созданным человеческим органом станет почка, так как при трансплантации эти органы наиболее востребованы. Первые почки, созданные на биопринтере, не обязательно должны выглядеть и функционировать так же, как их природные аналоги. Главное, чтобы они очищали кровь от продуктов обмена.

Другое перспективное направление медицинских принтеров – печать имплантатов для хирургии и стоматологии. Научный коллектив под руководством Джереми Мао в лаборатории тканевой инженерии и регенеративной медицины Колумбийского университета работает над применением биопринтеров для замены зубов и костей. Экспериментально создана решетчатая 3D-конструкция в форме резца и имплантирована в челюстную кость крысы. Эта структура состоит из микроканалов, которые наполнены веществами, стимулирующими развитие стволовых клеток. Всего через девять недель после имплантации они вызвали рост периодонтальной связки и образование альвеолярного отростка. Со временем эти исследования могут дать людям возможность иметь новые зубы, созданные на биопринтере, или получить их путём стимуляции организма к образованию собственных

новых зубов.

3D-печать открывает новые возможности и такой области медицины, как трансплантация кожи. Так, команда исследователей биопечати под руководством Энтони Алата в Wake Forrest School of Medicine разработала принтер, создающий кожу. В начальных экспериментах они взяли 3D-сканы тестовых травм, нанесённых мышам, и использовали эти данные для управления головкой биопринтера, которая распыляет клетки кожи, коагулянты и коллаген на рану. Результаты этого эксперимента оказались также весьма многообещающими: заживление ран проходило всего за две-три недели (примерно пять-шесть недель – в контрольной группе). Частичное финансирование проекта создания кожи с помощью биопринтера осуществляется американскими военными, которые добиваются развития биопечати in situ, чтобы лечить раны прямо в боевых условиях.

По части медицинского применения 3D-печати небезынтересны и работы учёных из Имперского и Королевского колледжей Лондона, которые, объединив 3D-печать с криогенными технологиями, предложили методику, позволяющую с помощью 3D-принтера создавать структуры, аналогичные тканям мозга или лёгких. На данный момент существуют методы 3D-печати костей и тканей для органов с плотной структурой, таких как печень или почки. В этих случаях с помощью принтера создаётся трёхмерная подложка, каркас, на который «высаживают» клетки. Подложка печа-

тается слой за слоем, но если она сделана из слишком мягкого материала, что имеет место при создании каркаса мозга или лёгких, то верхние слои будут деформировать нижние, и нужной структуры не получится.

Материалом печати подложки для тканей, подобных по структуре тканям мозга и лёгких, британские учёные выбрали композитный гидрогель, состоящий из растворимого в воде синтетического полимера и похожего на желе компонента под названием Phytagel. Чтобы избежать разрушения структуры, авторы работы предложили замораживать созданные слои перед нанесением следующих. В процессе печати гидрогелевые чернила замораживались с помощью сухого льда, а после оттаивания созданные из них структуры становились мягкими, как ткани тела, но не разрушались под собственным весом. В ходе тестирования технологии напечатанные структуры были засеяны фибробластами дермы – клетками, которые формируют соединительную ткань. Клетки успешно прижились. В будущем эту технику можно будет использовать для выращивания целых органов в нуждах трансплантологии и медицинской науки. Пока исследователи создали структуры размером в несколько сантиметров, но в дальнейшем намерены увеличить их масштабы.

У медицинской 3D-печати пока много ограничений, и главное из них – сложность соединения друг с другом капель биочернил – материала, из которого готовится структура живого органа. В настоящее время существует несколько мето-

дов склеивания капель биологических чернил вместе, но они не работают для всех типов клеток. В этом направлении интересна работа японских учёных, разработавших высокоточный метод соединения биочернил, расширяющий диапазон клеток, которые могут быть напечатаны на 3D-биопринтере. Основываясь на своей предыдущей работе, исследователи из Университета Осаки в Японии усовершенствовали свой новый метод соединения капель биочернил. Они использовали ферменты, которые позволяют напечатанным клеткам не терять форму, что даст возможность создавать сложные биологические структуры.

«Печать любой структуры ткани – сложный процесс, – говорит ведущий автор исследования Синдзи Сакаи. – Биочернила должны быть достаточно жидкими, чтобы течь через струйный принтер, но при этом быстро формировать гелеобразную структуру в процессе печати. Наш новый подход отвечает этим требованиям: мы используем полимер, который имеет отличный потенциал для создания тканей из широкого диапазона живых клеток».

В настоящее время в качестве главного гелеобразующего агента используется альгинат натрия. По словам учёных, он имеет некоторые проблемы совместимости с определёнными типами живых клеток. Новый подход основан на формировании гелевой структуры с помощью фермента, способного создавать поперечные связи между фенильными группами добавленного полимера в присутствии окислителя – пе-

роксида водорода. По мнению учёных, новый подход позволит осуществить 3D-печать полностью функциональных живых тканей.

3D-печать на основе гелей открывает пути решения одной из проблем применения в медицине стволовых клеток – их выращивание. Современные способы выращивания стволовых клеток используют технологию 2D-поверхностей. Для этого требуется очень много места, потому процесс получается не просто технически сложным, но и весьма затратным. Естественно, тут на ум приходит выращивать стволовые клетки не на двумерной плоскости, а в трёхмерном пространстве. Но к тому надо найти среду, в которой стволовые клетки могли бы делиться, не теряя свои регенеративные свойства. Решение было предложено сотрудниками Стэнфордского университета – им удалось создать гель, позволяющий стволовым клеткам расти в трёхмерном пространстве, а не в одной плоскости.

Новый 3D-гель даёт возможность стволовым клеткам взаимодействовать с окружающей их средой, при этом оставаясь в контакте друг с другом. Контакт между клетками крайне важен, так как без него они быстро теряют свои регенеративные свойства и становятся непригодными для использования в лечении. Кроме того, новый способ выращивания клеток требует ощутимо меньше питательных веществ и энергии.

«Для выращивания 3D-культуры нам нужно лаборатор-

ное пространство всего 16 квадратных дюймов. Для сравнения: 2D-культивирование того же количества стволовых клеток отняло бы у нас пространство в 16 квадратных футов. Разница более чем в 100 раз. Впечатляет, не правда ли?», – поделился с прессой главный автор исследования Крис Мадл, доктор биоинженерии в лаборатории Хэйлшорн при Стэнфорде.

Новая технология была опробована исключительно на нейронных стволовых клетках, которые пригодны для лечения повреждённого спинного мозга или, например, болезни Паркинсона. В будущем учёные планируют протестировать свою методику и на других видах стволовых клеток.

Несмотря на все успехи 3D-печати, которая позволяет использовать в качестве «чернил» даже живые клетки, формирование сложно структурированных тканей и органов пока остаётся задачей будущего. Заметный шаг к этому сделали учёные Калифорнийского университета в Дэвисе. Профессор Ричард Шнайдер и его команда научились распечатывать фрагменты соединительной ткани произвольной конфигурации, используя метод ДНК-направляемого соединения клеток (DNA-Programmed Assembly of Cells, DPAC). Нужную форму такая структура приобретает благодаря механическим свойствам самих клеток – в данном случае благодаря соединительной ткани мезенхимы, полученной у эмбрионов мышей, хотя в принципе в этой роли могут выступить и другие «механически активные» клетки, способные к

образованию устойчивых связей друг с другом.

Основу структуры обеспечил коллагеновый гель, аналогичный естественному внеклеточному матриксу. Точная 3D-печать DPAC позволила наносить на неё клетки с высокой точностью, в несколько слоёв, так, что в одном слое они стремились стянуться ближе друг к другу, а в другом – разойтись. Учёные показали, что, контролируя это поведение, можно заставить структуру свернуться или выгнуться, сложиться гармошкой и вообще образовать нужную форму. Авторы надеются, что этот подход откроет возможности 3D-печати уже полноценных фрагментов сложных тканей и органов.

Тем более что уже сейчас:

- В Корнельском университете с помощью 3D-принтера учёные напечатали искусственное ухо из коллагена и культуры клеток.

- Британские дантисты вырастили первый зуб из стволовых и альвеолярных клеток.

- Учёные из Центрального госпиталя Массачусетса успешно пересадили живой крысе почку, выращенную из стволовых клеток на соединительном тканном каркасе от трупного донора.

- Японские учёные вырастили из стволовых клеток рабочую печень и успешно пересадили её живой мыши.

- В США микрохирурги пересадили человеку биоинженерные вены в руку.

Это только то, что сегодня на слуху, а что выйдет из лабо-

раторий завтра – одним разработчикам известно. Ясно одно – 3D-печать открывает перед медициной такие возможности, которые до сей поры были лишь в ведении творца мира сего. Усилиями учёных и инженеров мы приблизились к его возможностям. Что будет завтра, зависит от нас. В первую очередь от потребителей – если смогут они морально и материально принять новые медицинские технологии, то за ними и все остальные двинутся: инвесторы – с деньгами, правительства – с программами, учёные – с новыми идеями, инженеры – с техническими воплощениями.

1.1.3 4D-печать

На волне 3D-печати в лаборатории учёных и конструкторские бюро инженеров вошли технологии 4D-печати. Обычно под 4D подразумевают четырёхмерное пространство, в котором существуют четырёхмерные объекты. Несколько лет назад термин 4D стали использовать для обозначения особой технологии печати предметов, меняющих свои характеристики с течением времени. Таким образом, в 4D-печати «четвёртым» называют не измерение, а параметр, с которым связано положение и функция объекта. Технологии 4D-принтера вряд ли можно назвать революционными по сравнению с обычной 3D-печатью – объект точно также создаётся слой за слоем. Самое интересное происходит потом, когда готовый предмет начинает меняться. И здесь всё зависит от того, какой материал используется в принтере. Специальные материалы изменяются под воздействием воды, тепла, света, механического воздействия, а также могут быть запрограммированы на определённые действия.

Австралийские учёные изобрели 4D-печать для создания изменяющихся во времени объектов. Они решили модифицировать 3D-принтеры, добавив измерение времени и позволив напечатанным продуктам изменять свои свойства под воздействием внешних факторов. Работу выполнили учёные Вуллонгонгского университета, специализирую-

щиеся на физике полимеров и электроматериалов: Шэннон Бакарич, Марк Панхуис, Роберт Горкин и Джоффри Спинкс. Они выбрали для создания своих прототипов расходный материал из гидрогеля из-за его способности изменять свой объём под воздействием внешних факторов. В качестве примера учёные Вуллонгонгского университета создали «умный вентиль», который способен автоматически закрываться, если по нему начинает течь горячая вода. По словам Марка Панхуиса, для таких устройств не требуется дополнительная сборка по сравнению с 3D-принтерами – всё отличие заключается в используемых материалах.

По тому же пути в направлении 4D-печати пошли и исследователи из Университета Джорджии, которые разработали 3D-принтер, способный печатать объекты с заранее запрограммированным поведением во времени. Ключевым решением в разработке стало использование полимеров с эффектом памяти формы. Учёные из Джорджии подобрали семь различных полимерных материалов, способных восстанавливать свою форму при нагревании. В «расслабленном» состоянии они стремились к сворачиванию. Из-за разницы в их внутреннем строении, скорость, с которой полимеры восстанавливали свою форму при данной температуре, различалась. Например, самый быстрый материал при 80 °C сворачивался за 11 секунд, а самый медленный – примерно за 18. С помощью принтера печатался трёхмерный объект – развёртка будущей фигуры. Она состояла из твёрдых фрагмен-

тов и «суставов», которые были сделаны из одного из семи материалов с памятью формы. Эти стыки находились в «напряжённом» состоянии. Затем объект помещали в горячую воду, где «суставы» начинали сгибаться. Благодаря знанию о том, с какой скоростью будет сворачиваться каждый из «суставов» конструкции, учёные заранее определяли все траектории движения отдельных частей объекта и точно знали, какую форму он примет в конце. Так, удалось создать ленту, сворачивающуюся при нагревании в «квадратную» спираль, а также конструкцию, которая сцепляется сама с собой в процессе сворачивания. Кроме того, была разработана модель самостоятельно складывающейся коробки, содержащей внутри себя прорези и вставляемые в них выступы. Сворачивание происходило без внутренних столкновений между частями развёртки. Техника получила название четырёхмерной печати, поскольку в трёхмерную конструкцию словно бы закладываются инструкции о поведении в четвёртом измерении – времени. Аналогичные проекты существовали и ранее, но они предполагали нагрев «суставов» до разных температур для достижения различных скоростей их сгибания.

Изменение формы объекта 3D-печати не обязательно должно происходить под действием тепла – его форма может меняться благодаря контакту с водой, светом или какими-либо другими внешними факторами.

Так, исследователи из лаборатории Self-Assembly Lab Массачусетского технологического института разработали

2D-шаблон, который при погружении в воду складывается в куб. Лаборатория создала много разнообразных изделий, способных самостоятельно принимать нужную форму или самособираться. Они показали шнурки, которые сами себя зашнуруют, и предметы мебели, которые самостоятельно раскладываются.

А команда учёных Гарвардского университета обратила внимание на растения, которые реагируют и изменяют свою форму в ответ на стимулы окружающей среды. По результатам наблюдений и исследований этого процесса были разработаны гидрогелевые композитные структуры, меняющие форму при погружении в воду. Объект в форме цветка орхидеи напечатали гидрогелевыми композитными чернилами, содержащими определённо направленные волокна целлюлозы. Чтобы придать древесным волокнам нужное направление, их смешали с акриламидным гидрогелем. При погружении в воду получившееся вещество изменяет свои геометрические размеры заранее определённым образом. Композитные чернила позволяют получать изделия разной формы. Более того, можно менять состав материала для получения определённых свойств, например, электропроводности или биосовместимости.

Исследователи из Университета Колорадо разработали методику 4D-печати, включив полимерные волокна с «эффектом памяти формы» в композитные материалы, используемые в традиционной 3D-печати. В качестве примеров

применения технологии назывались солнечные батареи, способные сворачиваться и разворачиваться для транспортировки, автомобильные покрытия, адаптирующиеся к среде, а также военная форма, меняющая тип камуфляжа или эффективнее защищающая от газа или осколков.

Объединённая группа учёных из Сингапурского университета технологии и дизайна, MIT и Технологического института Джорджии разработала новый метод 4D-печати на основе воздействия светом на фоточувствительные материалы. Новая методика печати способна создавать элементы толщиной в человеческий волос. В принтер заливали раствор фоточувствительного полимера и проецировали слой за слоем требуемый объект, обрабатывая материал ультрафиолетом. Для проверки, что полимер способен восстанавливаться после деформаций, исследователи напечатали мягкий манипулятор, который в свободном состоянии закрыт. С его помощью учёные смогли успешно захватывать небольшие предметы. Такую технологию можно адаптировать для реального применения, к примеру, создать капсулы, высвобождающие вещества при повышении температуры тела.

Инженеры НАСА с помощью 4D-печати создали металлическую ткань для защиты спутников от повреждений и радиации, а также для производства гибких антенн. Ткань представляет собой своеобразную «кольчугу», созданную из кусочков серебра и других металлов. Материал можно многократно сгибать, разгибать, растягивать и сжимать. Каждая

сторона ткани обладает собственными свойствами, отражает или поглощает свет и тепло. Несмотря на гибкость, ткань крайне трудно разорвать. Планируется, что в защитный материал будут упаковывать спутники перед их выводом в космос, либо с его помощью станут экранировать скафандры и обитаемые модули.

Международный институт нанотехнологий Северо-Западного университета получил грант от Министерства обороны США для разработки 4D-принтера. Четырёхмерный принтер будет использоваться для исследований в области химии, материаловедения и в областях, связанных с обороной. Предполагается, что 4D-печать позволит создавать новые химические и биологические датчики, конструкции и материалы для микрочипов. Прогресс сдерживает отсутствие недорогого оборудования, способного выполнять печать со сверхвысоким разрешением (примерно в 1000 раз меньше толщины человеческого волоса) из твёрдых материалов (металлов и полупроводников) и мягких материалов (органических тканей). Четырёхмерный принтер станет основой нового поколения инструментов для разработки архитектур, в которых материалы, формирующие функциональные компоненты электроники, могут быть объединены с биологическими объектами.

1.1.4 Промышленная 3D-печать

Биопринтеры и 4D-печать – это все-таки будущее, хоть и стоящее на пороге, но ещё не вошедшее в нашу жизнь повседневными изделиями и продуктами. А промышленная 3D-печать – это уже вот оно, готово к употреблению.

В инженерном производстве уже давно и широко используются современные цифровые технологии, такие как CAD 3D-моделирование, 3D-сканирование и трёхмерная печать. Новый тренд этих технологий – применение вместе с элементами автоматизации как частью промышленных роботов и автоматических станков. Например, 3D-сканирование широко применяется в контроле качества, а 3D-печать, вместе с автоматизированными фрезерными и токарными станками, в производственных цехах. Уже существуют промышленные 3D-принтеры, способные создавать трёхмерные формы весьма внушительных размеров. Недалёк тот день, когда созданный инженерами проект, представленный в цифровом виде, будет полностью воплощаться в жизнь промышленными роботами без прямого дальнейшего участия человека.

1.1.5 3D-печать и автомобильная промышленность

В автомобильной промышленности в первую очередь – это создание CAD 3D-моделей и прототипирование. Сейчас этот симбиоз вышел на новый уровень – из конструкторских бюро попал в производство. Глобальная роботизация начинается как раз с автомобилестроения, и армия роботов (пока не без помощи людей) уже осуществляет сборку автомобилей на заводах. Уже есть примеры создания рам и кузовов, которые полностью напечатаны на 3D-принтере. Это относится и к тюнингу – молдинги, спойлеры, декоративные элементы, колёсные колпаки. Что уж говорить об отдельных небольших элементах – функциональных деталях и деталях оформления, многие из которых не составит труда распечатать и на небольшом бытовом принтере. 3D-сканирование применяется и в ремонте, оно позволяет с высокой точностью диагностировать отклонения в геометрии кузова и легко создавать модели для последующей печати элементов на замену. С развитием технологий объёмной печати, позволяющих печатать сложные функциональные детали из многих различных материалов, могут появиться и полностью 3D-печатные автомобили, каждая деталь которых будет создана 3D-принтером.

Так, немецкая автомобилестроительная компания Street Scooter полностью закончила работу по созданию прототипа малогабаритного электрического автомобиля C16. И самым интересным в этом является то, что практически весь кузов автомобиля и большая часть других его узлов и деталей были изготовлены при помощи промышленного трёхмерного принтера Stratasys Objet 1000 3D Production System, способного печатать несколькими различными материалами. Среди деталей автомобиля C16, изготовленных на трёхмерном принтере, можно выделить такие габаритные детали, как передняя и задняя части кузова, двери, бампера, юбки кузова и колёсные арки. Кроме этого, практически весь салон и множество небольших деталей ходовой, трансмиссии также были изготовлены на принтере. Конечно, пока большое количество деталей и узлов автомобиля C16 было изготовлено более традиционными способами или взято в готовом виде. Однако, использование технологий трёхмерной печати позволило существенно сократить цикл производства от разработки до изготовления опытного образца, на что ушло всего 12 месяцев. И, следует отметить, что опытный образец электромобиля C16 вполне удался, он уже показал на полигоне, что выдерживает даже самые жёсткие испытания не хуже транспортных средств, изготовленных из традиционных деталей обычными методами. Трёхмерный принтер Objet 1000 является одним из самых больших промышленных трёхмерных принтеров, способных печатать объекты сразу несколь-

кими различными материалами, с его помощью помощью компания KOR EcoLogic уже изготавливала элементы кузовов и другие детали для автомобиля Urbee.

А израильское подразделение компании Autodesk Inc. в сотрудничестве с израильским стартапом Massivit напечатали на 3D-принтере детали первого в мире 3D-автомобиля Strati, созданного и разработанного компанией Local Motors. Плоды сотрудничества представили на конференции для инноваторов в области автомобилестроения Eco Motion в Центре мира имени Шимона Переса в Тель-Авиве. Autodesk разработала полноценную, открытую и бесплатную платформу для 3D-печати Spark, которая передаёт цифровую информацию на 3D-принтеры. Компания предоставила Massivit программное обеспечение для распечатки 3D-модели Strati. Руководство Autodesk считает, что революция в 3D-печати преобразит отрасль автомобилестроения, резко уменьшив объем отходов и стоимость сборки. Руководитель подразделения 3D-печати в Autodesk Эйтан Царфати заявил, что платформа Spark предоставит «строительные блоки» для инноваций, которые могут быть использованы дизайнерами, производителями и разработчиками программного обеспечения, чтобы раздвинуть границы технологии 3D-печати.

Дальше – больше. Американская компания Divergent Microfactories представила Blade – первый суперкар с шасси, полностью напечатанном на 3D-принтере. Автомобиль весит 629 кг и разгоняется до 100 км за 2,5 секунды. Blade осна-

щён двигателем мощностью в 700 лошадиных сил, а в качестве топлива использует бензин или сжатый газ. «Divergent Microfactories создала первый в мире функциональный суперкар, который печатается на 3D-принтере, – рассказывает председатель совета директоров компании Кевин Зингер. – Автомобиль, который мы сейчас видим, наносит на две трети меньше вреда окружающей среде, чем, скажем, электромобиль, с аккумулятором ёмкостью в 85 киловатт-час», – уверяет глава компании. Вред окружающей среде удаётся уменьшить за счёт исключения из процесса производства машины этапа заводской сборки. Основной продукт компании – наборы из отпечатанных на 3D-принтере алюминиевых модулей и карбоновых трубок. Этот «конструктор» позволяет силой команды из трёх человек вне цеха собирать функциональные автошасси разных типов. В шасси Blade, например, используется 27,6 кг алюминия и 18,6 кг карбона. На его ручную сборку уходит полчаса.

Не отстаёт в деле внедрения 3D-печати в производство и такой гигант автомобилестроения, как компания Ford, а американской компании Local Motors для создания авто потребовалось шесть дней. Свою машину она собирала на глазах у посетителей автосалона в Чикаго. Мало того, практически все детали авто были сделаны прямо на стенде. Дело в том, что Ford пользуется традиционными технологиями создания авто, а спецы Local Motors печатают кузова и комплектующие на 3D-принтере. И тут 3D-печать – далеко уже не фан-

тастика. Тот же Ford, к примеру, широко использует эту технологию для «распечатки» прототипов новых моделей и выпуска прозрачных автокомпонентов, используемых для проведения более точных и наглядных испытаний. Переход автопрома от литья к печати позволит производителям в разы повысить рентабельность и гибкость производства.

«Вместо того, чтобы иметь один сборочный цех, скажем, в Детройте или Токио, мы располагаем микропроизводства во многих странах, – поясняет ведущий инженер Local Motors Джеймс Ерл, – благодаря чему покупатель может активно следить за тем, как печатают заказанный автомобиль и живо участвовать в его создании». Тем более, что это не потребует гигантских инвестиций: детали, созданные с помощью 3D-принтера (кузов), обойдутся максимум в 5 тысяч USD. При том, что стоимость модели Strati составит от 18 до 30 тысяч долларов в зависимости от количества опций и комплектации

Первый 3D-принтер в компании Ford заработал много лет назад. Именно с помощью подобного устройства в 2010 году инженерам удалось выявить и быстро устранить неисправность в тормозной системе тогда лишь готовившегося к запуску Ford Explorer. Если бы дефект выявляли традиционными способами, машина вышла бы на рынки на четыре месяца позже. Кроме того, 3D-принтер помог специалистам Ford в минимальные сроки увеличить эффективность моторов линейки Eco Boost (включая новый мотор объёмом в 2,7

литра, предназначенный для F-150). Помимо прочего 3D-печать используется и при создании прототипов, снизив себестоимость производства с 20 до 2 тысяч долларов на деталь. Эксперты полагают, что технология получит широкое распространение не только в области дизайна или в опытных лабораториях, но и в производстве сложных по конфигурации деталей. Кроме того, их будут применять для производства небольших партий запчастей для старых и раритетных авто.

1.1.6 3D-печать и авиастроение

Другим потенциальным потребителем 3D-печати является авиастроение. Британская оборонная кампания «BAE System» провела лётные испытания истребителя Tornado GR.4 ВВС Великобритании с несколькими «распечатанными» металлическими деталям. Боевой самолёт совершил полёт с авиабазы в Уортоне графства Ланкашир в декабре 2013 года. Испытания были признаны успешными. Полный список «распечатанных» деталей, установленных на истребителе, не уточняется. Проектирование и трёхмерная «печать» запчастей для истребителей ведутся BAE Systems по контракту с министерством обороны Великобритании. Какая именно технология используется, не уточняется. Предположительно, речь может идти о технологии прямого металлического лазерного спекания (Direct Metal Laser Sintering, DMLS). Как ожидается, применение на истребителях типа Tornado «распечатанных» деталей позволит ВВС Великобритании сэкономить 1,2 миллиона фунтов стерлингов за четыре года. Проектирование и «печать» металлических запчастей осуществляются компанией BAE Systems на авиабазе «Марэм» в Норфолке. В частности, речь идёт о защитных кожухах радиостанций в кабине пилота и вала отбора мощности. Стоимость некоторых «печатаемых» деталей составляет менее ста фунтов стерлингов. «Печатаемыми» зап-

частями планируется оснастить четыре эскадрильи истребителей Tornado GR.4.

Следует отметить, что технология металлической «печати» в оборонной промышленности в последнее время становится все более популярной. При DMLS-печати металлический порошок, насыпанный в ёмкость, при помощи лазера расплавляется в однородную структуру. «Печать» осуществляется послойно, причём толщина каждого слоя составляет около 20 микрон. Изготовленные таким способом детали не требуют дополнительной механической обработки.

1.1.7 3D-печать в строительстве

Не менее крупным пользователем 3D-печати является строительная отрасль. Так, итальянская компания WASP продемонстрировала свой 3D-принтер, способный производить дешёвое жильё из глины. Саманные дома – уже давно не инновация, но они достаточно привлекательны из-за их экологичности и устойчивости. Представители WASP считают, что строительство таких домов стоит осуществлять в развивающихся регионах мира, где традиционные формы строительства неосуществимы. На создание структур дизайнеров вдохновили насекомые – грязевые осы, создающие свои гнёзда с использованием грязи. Собственно, wasp переводится с английского языка как «оса». Глина в новом принтере выдавливается подобно глазури и затем застывает. Высота устройства составляет около 6 метров, при том оно способно производить печатные структуры до 3 метров в высоту, примерно как принтер, используемый китайской компанией, с помощью которого в начале 2014 года удалось построить 10 домов менее чем за 24 часа. По словам представителей компании WASP, корпус дома может быть построен с использованием материалов, полученных в месте строительства по нулевой стоимости (для возведения домов может использоваться не только грязевая глина, но и другие натуральные материалы). Демонстрация изобретения состоялась в октяб-

ре 2014 года на римской выставке Maker Faire. Неполная модель (размером в 4 метра) способна производить небольшие модели саманных домов и служит доказательством работоспособности концепции.

«Мы будем работать со смесью глины и песка, – сказал генеральный директор компании Массимо Моретти перед презентацией принтера. – Для производства полноценного дома понадобятся недели, а так как на выставке в Риме у нас будет всего два дня, придётся привезти уменьшенную копию и делать меньшие по размеру здания. Но сама технология и материалы уже прошли испытания – и они работают».

Представители компании также уверены, что данная технология найдёт своё применение и в медицине. Они изучают 3D-печать при помощи керамики (гидроксил апатита), биостекла (bio glass) и оксида алюминия для создания костных имплантатов с такой же пористой структурой, что и настоящая кость.

Аналогичный революционный метод строительства (Stone Spray Project) был создан Петром Новиковым, Индер Шергилл и Анной Кулик в Институте Перспективной Архитектуры (Каталония, Испания). Робот смешивает почву и песок с фиксирующим компонентом, а затем с помощью форсунок печатает объект (колонны, дуговые несущие конструкции). Роботу для работы требуется совсем немного энергии. Он может использовать исключительно солнечную энергию, без внешних источников питания.

А компания из Шанхая нашла способ производить жилые дома из промышленных отходов с завидной производительностью – до десяти компактных жилых домов в день. Китайская архитектурная компания Winsun уже наладила «печать» небольших жилых зданий, используя в качестве материала переработанные строительные отходы. Для производства используется гигантский промышленный принтер, размеры которого составляют 150x10x6 метров. Помимо высокой скорости производства, напечатанные дома отличаются низкой стоимостью – менее 5 тысяч долларов за единицу. Технология уже признана перспективной и способной решить вопросы с быстровозводимым жильём для малообеспеченных слоёв населения. Планируется построить около 100 заводов по переработки строительного мусора в «чернила» для подобных устройств.

Стоит отметить, что китайцы, пожалуй, идут впереди планеты всей по части применения 3D-технологий в возведении жилья. Так в Китае за три часа на 3D-принтере напечатали полноценную двухэтажную виллу. А вечером того же дня ZhuoDa Group, фирма которая вплотную занялась 3D-строительством домов в КНР, построила ещё один дом. «Вилла из 3D-принтера» построена из отдельных модулей, которые изготавливаются на фабрике сразу целиком, включая внутреннюю отделку, проводку, водопровод, сантехнику, мебель и прочее. Фактически, дом готов уже на 90%, когда его модули привозят на строительную площадку.

Фрагменты самого дома печатаются из определённого состава, который держится в тайне. Кроме того, дом отличается высокой теплоизоляцией – в нём не жарко летом и не холодно зимой. Известно, что в этот секретный состав входят материалы, полученные из промышленных и сельскохозяйственных отходов. Именно поэтому в готовых модулях не присутствует вредных веществ. Сообщается, что напечатанный на принтере дом имеет способность выдержать землетрясения с магнитудой 9 баллов, не боится огня и воды. Отмечается, что после завершения печати готовые модули просто собираются бригадой рабочих. Таким образом, конечная стоимость домов из 3D-принтера гораздо ниже, чем домов, построенных с использованием других методов. Для сборки двухэтажной виллы требуется шесть 3D-модулей, на каждый квадратный метр которых приходится примерно 100 кг веса.

Эксперименты по применению 3D-печати в строительстве ведутся во всем мире. Технология применяется как при проектировании, где очень полезны промышленные 3D-сканеры и специальные программы, так и непосредственно в создании объектов. Специальные строительные 3D-принтеры печатают модульные блоки и целые здания из бетона. Строительная 3D-печать позволяет создавать объекты необычных и нестандартных форм, недоступные для обычного серийного строительства, при этом, производство происходит из стандартных смесей с применением армирования. В перспективе мы увидим в работе агрегаты, способные в счи-

танные часы напечатать небольшой коттедж полностью – от фундамента и коммуникаций до флюгера на крыше.

Уходят в историю времена, когда архитекторам, при создании макетов зданий, приходилось пачкать руки клеем и дышать испарениями разрезаемого раскалённой проволокой пенопласта. Всё большее место занимает софт и технические устройства, позволяющие намного удобнее и быстрее, а главное – точнее – создавать макеты будущих объектов. 3D-принтеры способны распечатывать, в зависимости от размеров, части или целые макеты с точностью, о которой раньше никто и не помышлял. Малейшие архитектурные элементы видны на них столь же отчётливо, как на уже построенных зданиях, а стоимость самих макетов становится ниже и скорость изготовления выше. Есть технологии, позволяющие печатать сразу в цвете не только из гипса или бумаги, но и из мультиматериального пластика с градиентами разной степени прозрачности. Всё идёт к тому, что уже скоро, независимо от масштаба макета или модели, невозможно будет на глаз отличить их от настоящего объекта. Не считая явной разницы в размерах, конечно.

Пример такого подхода – фантастическая разработка группы специалистов из Франции, разработавших проект здания для Марса, изготовленного методом 3D-печати. Дизайн сооружения Sfero Bubble House весьма неординарен и заслуживает особого внимания. Оно, конечно, на сей момент – фантастика, но, как знать, как знать... Во-первых, ес-

ли не ставить перед собой грандиозные цели, то так и будешь с 3D-принтером саманные домики строить. Оно, конечно, прибыльно, но скучно. Во-вторых, при наличии инженерной смекалки этот марсианский проект можно на землю опустить и уже сейчас монетизировать.

Название «Sfero» является комбинацией слогов, взятых из слов «Sphere», «Iron» и «Water». Строительство этого сооружения начинается с бурения достаточно глубокого отверстия, внутрь которого запускается один из двух роботизированных манипуляторов. Первый манипулятор действует как своего рода пылесос, подавая наверх материал и одновременно сооружая котлован для будущего здания. А второй манипулятор, используя смесь материала со связующими веществами, строит купол, накрывающий котлован. Большая часть помещений Sfero Bubble House находится ниже уровня поверхности грунта. Наверху только один этаж этого сооружения, где может быть расположена зелёная зона и некоторые из рабочих помещений. Все этажи сооружения соединены винтовой лестницей, по которой марсианские колонисты будут спускаться в спальные помещения, в зону отдыха и попадать на склады, где хранятся различные припасы и оборудование. Наружные стены, образующие купол над сооружением, будут состоять из двух слоёв, между которыми будет присутствовать слой воды, полученной из растопленного марсианского льда, запасов которого в районах полюсов Красной Планеты более чем предостаточно. Эта вода

будет защищать внутренние помещения от радиации снаружи и одновременно выступать в роли теплового стабилизатора, позволяющего сгладить резкие температурные колебания. Согласно мнению членов группы Fabulous, идеальным местом для возведения сооружений типа Sfero Bubble House является район кратера Гейла, там, где работал марсоход Curiosity. Марсианский грунт в этом районе богат соединениями железа, что достаточно легко позволит превратить его в строительный материал, обладающий высокой прочностью и высоким уровнем защиты от радиации.

При всей фантазийности французского марсианского проекта интересен заложенный в нем принцип применения 3D-печати в строительстве – брать материал для сооружений непосредственно на месте их возведения, формовать из него на 3D-принтере конструкционные элементы сооружения и строительные блоки в соответствии с программной частью проекта, компоновать все это в каркас сооружения и элементы его интерьера без непосредственного участия человека.

1.1.8 3D-печать в космосе

Технология объёмной печати вызывает пристальный интерес NASA. Как и герои Роберта Шекли, специалисты NASA понимают, насколько удобнее не тащить на орбиту множество необходимого или только потенциально необходимого оборудования, а изготавливать его прямо в космосе по надобности. Но для этого нужно научить 3D-принтеры работать в условиях невесомости. Этим совместно с NASA занимается компания «Made in Space». Она начала с серии экспериментов в условиях искусственной невесомости, созданной во время полётов в самолётах проекта NASA Flight Opportunities. После этих экспериментов на орбиту был запущен первый 3D-принтер, созданный для работы в космосе. Запуск был произведён с мыса Канаверал с Международной космической станцией в качестве пункта назначения.

Новая «космическая мастерская» стала первым образцом применения 3D-печатных технологий в космосе для создания запасных частей, инструментов и, в особенности, разрешения экстренных ситуаций за счёт немедленного создания срочно требующихся компонентов без ожидания доставки с Земли. 3D-принтер на орбите является разработкой компании «Made In Space» по контракту с Космическим центром Маршалла, входящим в состав НАСА. Установка спроектирована с учётом требований эксплуатации в условиях отсут-

ствия гравитации. По прибытию принтера на космическую станцию он был установлен в специальный изолированный отсек для проведения серии опытных экспериментов по печати. Принтер находился под управлением разработчиков из Made In Space. В ходе экспериментов по 3D-печати в невесомости была напечатана серия опытных образцов, включая детали, инструменты и студенческие проекты, разработанные в ходе программы STEM.

«При разработке принтера для космической станции мы столкнулись с массой всевозможных трудностей. Начиная от регулировки температурного режима и заканчивая жёсткими требованиями безопасности, нам пришлось решать десятки различных проблем, – поделился деталями проекта Аарон Кеммер, генеральный директор Made In Space. – Мы гордимся проделанной работой и рады видеть, что детище команды Made In Space и сотрудников Центра Маршалла, наконец, проходит главное испытание. Это новый этап в обеспечении космических миссий, который произведёт переворот в космической логистике и планировании космических полётов».

«Эксперименты по применению аддитивного производства в космосе со временем приведут к использованию аналогичных технологий на космических станциях, исследовательских аппаратах в открытом космосе и даже в космических колониях будущего, – развивает свою идею Аарон Кеммер. – Возможность быстрого производства ключевых мате-

риалов жизненно необходима, если человечество собирается оставить свой след на просторах Вселенной. Это уже будет не просто 3D-принтер и даже не просто орбитальная мастерская – это очередной рывок человеческого прогресса. Впервые в нашей истории мы сможем производить инструменты и части вне пределов планеты. Совершив этот прорыв, мы, наконец, сможем перепрыгнуть через собственные головы – сами небеса более не будут ограничивать ареал применения аддитивного производства. Начинается эра внеземного производства».

Как показало время, 3D-принтер от Made In Space нормально отработал в условиях невесомости и открыл перспективы материализации конфигуратора, про который ещё в 1955 году в своём рассказе «Необходимая вещь» Роберт Шекли рассказал, когда двое космонавтов взяли с собой в межзвёздную экспедицию приспособу для создания из набора первичных элементов всего, что им может понадобиться в космосе – от запчастей для корабля до яблочного штруделя на десерт.

Не отстают от американцев и китайцы. Учёные-разработчики Академии наук Китая (КНР) создали первый в стране 3D-принтер для работы в космосе. Он уже прошёл испытания в обстановке нулевой гравитации на одном из полигонов Франции. Испытания проводились во время полётов на самолёте в условиях микрогравитации. В процессе проведённых испытаний было опробовано два способа 3D-печати

с пятью различными материалами. Как утверждают китайские разработчики, их 3D-принтер может выполнять работу с большим количеством материалов, чем 3D-принтер The Zero-Gravity, который был послан на Международную космическую станцию.

По словам директора исследовательского центра Чунцинского университета при Китайской академии наук, изучающего и разрабатывающего технологию 3D-печати, Дуаня Сюаньминя, китайский 3D-принтер даст возможность КНР создать свою космическую станцию. «Космический» 3D-принтер станет в ней устройством, помогающим проводить ремонт и поддерживать функционирование станции более эффективно. Применение такого принтера на космической станции очень сократит расходы на её работу и уменьшит зависимость от поставок с Земли.

Помимо межпланетных полётов, совершенствование космических 3D-технологий может поспособствовать и земным деяниям. На сегодняшний день это фантастика, потому как дорого, но уже сейчас на волне успехов Илона Макса с его проектом удешевления запусков на орбиту Земли увесистых объектов просматривается вполне реальная возможность создания в космосе производств, которые в принципе невозможны на Земле из-за воздействия гравитации.

1.1.9 Гонка производителей 3D-принтеров

А на Земле производители 3D-принтеров в битве за деньги инвесторов и потребителей руководствуются тремя критериями: быстрее, дешевле, точнее.

Быстрее.

В направлении повышения скорости 3D-печати рынок встряхнуло сделанное в 2014 году заявление одного из самых крупных игроков на интересах потребителей по части производства оргтехники – компании «Hewlett-Packard», о создании 3D-принтер серии Multi Jet Fusion, сопровождаемое уверением, что технология, по которой они работают, позволит печатать на порядок быстрее, чем все, что было до них. И понеслось. Признанные лидеры отрасли, такие как 3D Systems и Stratasys, которые уже давно работали над проектами 3D-печати, активизировали свои проекты, чтобы представить на рынок альтернативные конкурентоспособные продукты. За ними подтянулись и все прочие.

Так, компания Desktop Metal разработала 3-D принтер, печатающий из металла, который, по заверениям разработчиков, в разы быстрее и дешевле существующих аналогов. Представители Desktop Metal назвали конкретные цифры: материал для нового принтера будет обходиться в 20 раз де-

шевле, представленных на рынке, а сам принтер печатает в 100 раз быстрее существующих машин. В результате стоимость производства упадёт в разы, а стоимость продукции, изготавливаемой таким образом – минимум в 10 раз. Благодаря скорости и эффективности этот принтер показывает лучшие результаты, чем экземпляры от NASA и Boeing, и сильно обгоняет принтеры, используемые в различных дизайнерских студиях и компаниях. Инженерный стартап был основан профессорами из МТИ, USA, среди которых Эмануэль Сакс, чьи первые патенты в 3D-печати датируются 1989 годом. Desktop Metal получила инвестиций на 5 млн. долларов от крупных венчурных компаний, среди которых, например, Google Ventures. Для компании важны два направления: она создаёт студийный принтер для быстрой печати металлических прототипов инженерами и 3D-принтер для массовой печати. Согласно описанию технологии, изготовление образцов чуть более сложное, чем в обычных принтерах.

Металлические объекты после печати попадают в ванну со специальным раствором, а после закаливаются при большой температуре. Система проделывает все эти этапы автоматически. Она контролирует время в зависимости от конструкции деталей и исходных материалов. В итоге принтер способен изготавливать 0,008 кубического метра сложных деталей в час. Чтобы было понятнее – это 8 тысяч металлических кубиков с гранью в 1 см. При такой производительно-

сти принтер безопасен: не используются ядовитые металлические порошки, отсутствует лазер, все это делает возможным устанавливать такие принтеры прямо в офисе или даже дома. Обслуживание также упрощено: не требуется специальный персонал или оборудование. Стоимость системы с необходимым ПО – 120000 долларов. Сумма кажется большой, но речь идёт о промышленном 3D-принтере, создающим металлические детали любой сложности. Аналогичный по производительности лазерный принтер обойдётся более чем в 10 раз дороже.

В свою очередь Нил Хопкинсон, профессор инженерного производства в Университете Шеффилда, подробно рассказал о том, как его команда работает над новой технологией 3D-печати под названием высокоскоростное спекание (HSS). Новый метод должен сделать возможным быстрое изготовление нескольких деталей с помощью процесса спекания, который сильно отличается от того, который используется сегодня и подразумевает применение лазерных лучей. Принцип работы новой технологии заключается в том, что на порошкообразный материал, который расположен на печатной платформе, с помощью струйного принтера наносится технический углерод. Затем над платформой проходит инфракрасная лампа, под светом которой спекаются только участки, покрытые углеродом. Таким образом, целый слой объекта может отвердеть за несколько секунд. По словам Нила Хопкинсона, итоговая технология может быть в 10-100

раз быстрее, чем все остальные по части 3D-печати, а команда исследователей работает с несколькими партнёрами над лицензированием технологии. Одна из компаний-партнёров Voxeljet уже планирует использовать этот метод в своих новых устройствах. Несмотря на то, что Хопкинсон не назвал других компаний, он отметил, что заинтересованных очень много. Сама по себе технология обладает достаточным потенциалом, чтобы произвести революцию в массовом производстве, поскольку она позволит компаниям изготавливать продукцию в крупных масштабах, в то же время имея возможность быстро изменить функционал устройства без необходимости дополнительной обработки.

Не придавая свою деятельность огласке, технологиями 3D-печати активно занимается стартап Carbon3D – частная компания из Калифорнии, основанная в 2013 году. С момента своего создания Carbon3D занималась разработками инновационного метода 3D-печати, способного совершить революцию в этой сфере. Новую технологию назвали CLIP (Continuous Liquid Interface Production). Компания привлекла более $50 миллионов инвестиций и, между делом, сумела произвести фурор среди широкой публики, представив пару коротких видеороликов, показывающих в действии технологию CLIP. Принцип действия технологию CLIP заключается в использовании света и кислорода для отверждения светочувствительной смолы. По описанию метод схож с привычной и широко известной стереолитографией (SLA), где

для отверждения светочувствительной смолы применяется лазер или прожектор, однако новая технология имеет ряд существенных отличий.

В частности, с помощью традиционных технологий 3D-печати, в том числе и стереолитографии, объекты печатаются слой за слоем, что значительно сокращает скорость производства и приводит к созданию хрупких предметов, похожих по своей структуре на сланец. В технологии от Carbon3D для отверждения смолы используется свет, а в качестве подавляющего агента – кислород. Таким образом, объекты действительно сразу печатаются в трёхмерном виде.

«Имеющиеся на сегодняшний день технологии 3D-печати не сумели произвести революцию в сфере производства, несмотря на обещания разработчиков и ожидания рынка, – говорит доктор Джозеф Де Симон, глава и один из основателей компании Carbon3D. – Разработанная нами технология CLIP поднимает планку, позволяя значительно быстрее печатать объекты, обладающие необходимыми механическими свойствами. Кроме того, при 3D-печати по методу CLIP можно использовать материалы, требуемые для производства высококачественных деталей в коммерческих целях».

С применением кислорода в процессе 3D-печати традиционно механическая технология внезапно превращается в фотохимический процесс, позволяющий тонкую настройку. Среди несомненных преимуществ новой технологии – более

быстрое изготовление объектов и отсутствие эффекта расслоения. Тем самым, CLIP имеет все шансы вывести 3D-печать на новый уровень. В этом методе применяется специальное прозрачное стекло, проницаемое как для света, так и для кислорода – вроде большой контактной линзы. Устройство способно точно регулировать необходимое количество кислорода и момент его подачи в ёмкость со смолой. Кислород, в свою очередь, используется как подавляющий агент, предотвращающий отвердевание смолы в определённых местах. Таким образом, с помощью света отвердевают все участки, не подверженные обработке кислородом, который создаёт своего рода «мёртвую зону». Внутри смолы кислород заполняет участки толщиной в десятки микрон, в которых фотополимеризация буквально становится невозможной. Затем устройство делает несколько снимков в разрезе с использованием ультрафиолетовых лучей – примерно так же, как происходит показ кино.

Услышав эту новость, трудно избавиться от очевидной мысли – «Эта компания, наверняка, ненастоящая. Как может быть, что кто-то создал революционную технологию подобного рода, но сведения об этом так и не просочились в СМИ?» Развеять сомнения помогает информация о том, что Carbon3D заключила договор о сотрудничестве с Sequoia Capital, одним из старейших и наиболее успешных венчурных фондов в мире, получив финансирование для первой стадии. Средства для второй стадии были предоставлены

Silver Lake Kraftwerk.

«Если сфера 3D-печати хочет выйти за рамки ниши создания прототипов, которую она занимает уже десятки лет, то необходимо разработать совершенно новую технологию. Нужно взглянуть на проблему иначе, используя подход, который позволит избавиться от основных недостатков 3D-печати, – говорит Джим Гетц, член совета директоров Carbon3D и партнёр компании Sequoia. – Когда мы встретились с Джо и увидели, что удалось изобрести его команде, нам сразу же стало ясно, что 3D-печать уже не будет прежней».

Другой американский стартап – компания Markforged из Бостона – представил свою технологию 3D-печати на основе углеродного волокна, заявив, что этот способ является одним из самых экономичных и быстрых способов изготовления деталей. Статап привлёк инвестиции в размере 30 миллионов долларов. В числе акционеров значатся Siemens, Microsoft Ventures, Porsche SE и ряд других крупных компаний. Ранее Markforged представил 3D-принтеры для металической 3D-печати, стоимостью в 100 тысяч долларов, использующие ту же скоростную технологию печати. Отличие новых аппаратов заключается в том, что детали из углеродного волокна во многом не будут уступать металлическим, а в ряде случаев смогут их полностью заменить, при этом скорость печати по сравнению с обычными 3D-принтерами возрастёт до 50 раз, сообщил представитель компании-про-

изводителя.

«Мы стремимся сделать 3D-печать не просто новым и модным веянием, а хотим дать людям возможность создавать любые предметы почти мгновенно, как это делает репликатор из Стар Трека. Нынешние технологии 3D-печати не могут удовлетворить все потребности человека: они медленно печатают, долго соображают, а конечный результат зачастую дорог и далёк от идеала. Мы хотим это изменить», – заявил генеральный директор Markforged Грег Марк.

Полученные от инвесторов деньги компания планирует пустить на разработку устройств, способных сделать 3D-печать максимально простым и эффективным процессом, который в конечном итоге может оказаться полезен тем же Porsche и Siemens.

Дешевле.

Исследователи из Ливерморской национальной лаборатории стали первыми, кто смог распечатать на 3D-принтере композитный материал на основе угольных нитей. Этот способ производства может сделать процесс создания материала дешевле и открыть новые возможности для использования углеродного волокна. Углеродное волокно представляет собой лёгкий, но жёсткий и прочный материал с высокой стойкостью к температуре. Это делает его актуальным для аэрокосмической, оборонной и автомобильной промышленности, а также для таких видов спорта, как сёрфинг и гонки на мотоциклах. 3D-печать открывает новые возможности для

использования углеродного волокна. Полученный материал может быть использован для изготовления крыльев самолёта, элементов спутника или терморегулирующейся одежды.

Учёные из Массачусетского технологического института успешно испытали первый ракетный двигатель, изготовленный из пластмассового корпуса, который полностью напечатан на 3D-принтере. Для печати исследователи использовали нейлоновый материал с микроуглеродистыми волокнами, которые обеспечили двигателю дополнительную прочность и термостойкость. Во время первого испытания такой двигатель смог достичь сверхзвуковой скорости, отделавшись лишь незначительными повреждениями. Отмечается, что корпус двигателя разработан только для одноразового использования, однако учёные решили повторно протестировать свою разработку. Инженеры использовали более мощное ракетное топливо, из-за которого сопло расплавилось. Специалисты уже начали совершенствовать разработку, чтобы сделать пластиковый двигатель более надёжным. В будущем учёные планируют создать пластиковый летательный аппарат. Отмечается, что принтеры, печатающие ракетные двигатели из металла стоят дорого, их ценник начинается с шестизначных цифр. Такие принтеры уже использовали SpaceX и NASA. Принтер Массачуссетского технологического института «Markforged Mark Two» стоит гораздо дешевле – 13,5 тысяч долларов. Это даёт возможность специалистам с ограниченным бюджетом создать ракетные двига-

тели. Кроме того, инженеры отметили, что разработка будет пользоваться спросом среди космических агентств, которые создают одноразовые ракеты.

Компания Stratasys по заказу немецкого аэрокосмического агентства распечатала прототип робота, который будет исследовать Марс. Робот TransRoPorter разработан немецким аэрокосмическим агентством. Однако вместо строительства классического металлического прототипа, инженеры попросили Stratasys распечатать его на своём огромном 3D-принтере Fortus 900mc. «Обычный прототип – это слишком дорого, – говорит разработчик робота доктор Кай Фюрер, – а 3D-принтер позволяет снизить расходы в несколько раз». TransRoPorter состоит из движущейся платформы и модуля Payload для исследований. Все части, включая электронику, были воспроизведены на 3D-принтере. Для того, чтобы прототип выдержал испытания условиями, близкими к марсианским, Stratasys использовала для печати сверхпрочный термопластик ASA.

Как сообщила фирма Tiko 3D, 3D-принтер обещает стоить не более холодильника. Разработчики задались целью тщательно проработать и максимально удешевить каждый элемент устройства, чтобы в итоге получить продукт, который легко произвести и использовать даже в домашних условиях и поддерживать в работающем состоянии долгое время. Получившийся принтер для аддитивной печати они обещают продавать всего за $179. Главное достижение конструк-

ции нового 3D-принтера TIKO – это его цельный корпус. Обычно это одна из самых дорогих деталей. Для обеспечения высокой точности печати трёхмерные принтеры оборудованы скреплёнными вместе отдельными направляющими, которые обеспечивают движение печатающей головки. Их положение необходимо тонко отрегулировать перед началом использования принтера и постоянно проводить корректировку. На это затрачивается довольно много времени, что неминуемо ведёт к издержкам и увеличению стоимости. Корпус TIKO имеет рельсы с внутренней стороны, в которые встроены уже предварительно отрегулированные алюминиевые направляющие. Такая конструкция делает их практически единым целым. В итоге в процессе печати возможность смещения сопла головки практически исключена, что позволяет печатать с точностью до 50 микрон при отсутствии каких-либо дорогих сверхточных компонентов. Важным своим достижением инженеры считают треугольную форму корпуса принтера (его ещё называют дельта-принтером), который оснащён тремя наборами держателей для печатающей головки. Кроме этого часть устройства, где происходит печать, полностью защищена от внешних факторов, таких как ветер или любые другие движения воздуха. Принтер также оборудован внутренним акселерометром и автоматически отключается, если его что-то побеспокоило, например, дети. Принтер TIKO оснащён расплавляющим печатный материал перед нанесением ожижителем, который не требует актив-

ного наружного охлаждения. То есть в конструкции устройства отсутствуют дорого-стоящие шумные вентиляторы, которые заменены системой вентиляционных отверстий. Ещё одна приятная особенность TIKO – это его гибкая подложка со специальным покрытием, с которой легко снять готовое изделие. В качестве «чернил» в TIKO может быть использована нить из полилактида, АБС-пластика, нейлона или высокопрочного полистирола. Загрузить катушку с материалом так же просто, как поменять картридж в обычном лазерном принтере – достаточно просто открыть крышку. Размеры нового дельта-принтера составляют всего 390 на 221 на 237 миллиметров, а его вес – всего 1,7 кг, без учёта катушки с нитью. Общий объём области, где происходит печать – 2,27 литра.

Точнее.

Калифорнийская компания Microfabrica разработала технологический процесс, сочетающий в себе трёхмерную печать, при которой структуры формируются путём послойного нанесения материала, с технологиями, используемыми в производстве микросхем, где ионы металла наносятся на поверхность электролитическим методом. Этот процесс позволяет создавать изделия тончайшей структуры из слоёв металлов толщиной всего в 5 мкм. Существующие многоструйные 3D-принтеры, распыляющие пластики через сопла, позволяют получать слои толщиной 16 мкм. При этом проблема создания деталей микроскопических размеров становится

всё острее по мере развития технологий: вся продукция, начиная от потребительской электроники до медицинской аппаратуры, продолжает уменьшаться в размерах. Новый метод открывает возможности создания новых типов устройств и миниатюризации существующих. В частности, по инициативе DARPA компания Microfabrica создала крошечный радиатор для охлаждения компьютерных микросхем и миниатюрный часовой механизм для боеприпасов. Кроме того, она разработала миниатюрные хирургические инструменты, в частности, щипцы диаметром меньше миллиметра для биопсии и трёхмерные подложки для скаффолд-технологии, связи которых позволяют им растягиваться по мере размножения клеток.

«Мне не известны какие-либо 3D-принтеры с более широкими возможностями», – сказал Кэрол Ливермор, профессор механики и промышленной техники из Северо-Западного университета. Эта разработка стала новым шагом на пути к общедоступности современных технологий, с одной стороны, и, с другой, к переходу промышленности к новой идеологии конкуренции, которой уже давно придерживаются производители компьютерной техники – заботиться больше о том, чтобы опережать конкурентов, нежели о защите все быстрее устаревающих разработок».

Несколько ранее американские физики и инженеры из университета Вайсса разработали технологию трёхмерной печати литиевых элементов питания. Размер полученных ба-

тарей составлял около миллиметра, а главной сферой применения разработчики называли вживляемые устройства. При этом подчёркивалось, что электроды новой батареи получаются тоньше человеческого волоса, в то время как процесс печати полностью автоматизирован и использует уже существующие модели трёхмерных принтеров. Основной проблемой, которую пришлось разрешить учёным, являлся подбор «чернил», материала, используемого принтером. Исследователям удалось подобрать вещество, которое сочетает высокую электрическую проводимость со способностью мгновенно затвердевать при контакте с воздухом и сохраняться жидким внутри принтера. Кроме того, разработчикам печатной микробатареи пришлось подобрать состав, содержащий оксид лития. После того, как принтер сформировал электроды и добавил оксид лития в виде наночастиц, батарея закрывалась корпусом и заливалась электролитом. Все изделие в сборе сопоставимо по размеру с песчинкой. Это позволяет обеспечить долговременную работу вживляемым приборам для мониторинга крови и других параметров в организме пациента.

Цифровые технологии уже широко применяются в производстве ювелирных изделий, бижутерии и аксессуаров. Трёхмерное моделирование позволяет создать точный цифровой макет будущего изделия и распечатать сначала прототип, дающий мастеру возможность подержать в руках и доработать изделие заранее. После этого, печатается или фрезеруется

модель из выплавляемого или выжигаемого воска/фотополимера, которая заливается гипсом для получения литьевой формы и выгорает (выплавляется) в процессе заливки, позволяя металлу заполнить форму и точно повторить малейшие нюансы будущего изделия. Кроме того, уже есть 3D-принтеры печатающие непосредственно драгметаллами, но пока цена порошка для таких машин слишком высока для постоянного применения.

Исследовательская группа Mediated Matter разработала высокоточный метод 3D-печати прозрачного стекла. Технологию под названием G3DP создавали при участии специалистов Массачусетского технологического университета (MIT) и Гарвардского института Висса. В качестве исходного сырья для печати используется готовое стекло. Его расплавляют в камере, температура внутри которой превышает 1000 градусов. Затем стекло укладывают слоями, чтобы сформировать изделие. Конструкция позволяет располагать слои с высокой точностью – максимальное отклонение составило 0,44 миллиметра.

1.1.10 Нестандартные применения 3D-печати

Быстрее, дешевле, точнее – нынешний тренд создателей и производителей 3D-принтеров, но с большой долей вероятности можно утверждать, что будущее за теми, кто выйдет на рынок с необычными возможностями своих устройств. Креатив проявит в решении выхода на потребителя.

Например, с производством еды при задействовании 3D-принтера. Одним из первых прототип подобного устройства представил американский инженер Аньян Контрэктор из компании Systems & Materials Research Corporation. Вскоре на его разработку обратили внимание в NASA и выдали грант на дальнейшие исследования. Еду принтер создаёт из нескольких питательных компонентов, содержащихся в специальных картриджах. Их срок годности не менее 30 дней, что решает проблему со скоропортящейся едой.

Продолжением темы «печати» еды с помощью 3D-принтера является разработка Массачусетского технологического института, которая обещает американским солдатам таким необычным способом готовить обед прямо на поле боя. Кроме того, технологию планируют внедрить и в целях экономии.

«Она позволяет сократить расходы на обеспечение войск

продуктами питания в районе операционных действий и расширить ассортимент блюд, входящих в солдатский паек», - заявил специалист в области военной логистики армии США Лорен Олексик.

Разработчики собираются учитывать вкусы военных, тем более, что по части ингредиентов в составе еды из принтера ограничений нет. Оператор сможет занести в компьютер любой состав будущего блюда, и устройство его распечатает.

«3D-принтер способен производить пищу с заданными параметрами. Они включают количество калорий, протеина, углеводов и витаминов», - добавил специалист в области военной логистики армии США.

Ещё один проект, занимающийся разработками напечатанной на 3D-принтере еды – нью-йоркская компания Modern Meadow. Ее специалисты сосредоточились на создании кожи и мяса и в 2014 году получили грант в размере $10 млн.

«Настоящий 3D-печатный стейк – это почти фантастика на сегодняшний день, – отметил глава фирмы Андраш Форгэкс. - Конечно, это будет не первый наш продукт, потому что создать стейк – дело очень сложное. Первой волной мясных продуктов, созданных таким методом, скорее всего, станут полуфабрикаты из рубленого мяса и паштеты».

В Израиле учёные создали 3D-принтер, печатающий еду из наноцеллюлозы. Его изобрели Идо Браславски и Одеда Шосейова. Их новое устройство сможет превращать нано-

целлюлозу в необходимые человеку полезные компоненты. Это сырье было выбрано потому, что в нём практически не содержится калорий. Помимо того, ферменты, находящиеся в пищеварительном тракте, легко его переваривают. Наноцеллюлоза будет смешиваться в специальных картриджах с такими веществами, как жиры, белки, углеводы, витамины и антиоксиданты. После дополнительной обработки лазером, приготовленное блюдо станет иметь вид традиционного яства. Специалисты полагают, проект принтера, печатающего еду в формате 3D, может стать коммерческим. В частности, они рассчитывают, что им заинтересуются рестораны FastFood. Помимо того, изобретатели считают, что данное устройство сможет выступить в качестве настоящей находки для людей, внимательно соблюдающих свой рацион питания. Это касается не только диабетиков или вегетарианцев, но также и спортсменов.

Стоит отметить, что уже существует несколько серийно выпускаемых, и достаточно популярных при этом, пищевых 3D-принтеров. Одни из них печатают конфеты любой заданной формы из специального состава. Такие аппараты, кроме расходного материала, почти ничем не отличаются от обычных 3D-принтеров. Есть и более специализированные. Например, английский Choc Creator печатает шоколадом как плоские картины для оформления тортов, так и объёмные объекты. Конструкция позволяет загрузить в него несколько различных ингредиентов и получать на выходе разнообраз-

ные блюда. Есть и специальный принтер для блинов, создающий блинчики и оладьи любой заданной формы. Он, кстати, и стоит относительно недорого, и в обращении прост.

В общем, технология создания пищевых 3D-принтеров совершенствуется. Можно предположить, что в ближайшем будущем появятся недорогие и общедоступные кухонные 3D-принтеры, как специализированные, так и универсальные, совмещённые с кухонным комбайном и духовкой, где на входе – ингредиенты, а на выходе готовое блюдо. Ожидается, что интерес «к печати еды» будет повышен в свете проектов будущего – межпланетным перелётам и создания баз на Луне и Марсе, к чему человечество идёт, и где никак не обойтись без «конфигуратора» Роберта Шекли, который в том числе и еду б готовил по принципу нынешней 3D-печати.

По касательной к 3D-печати – работы компании NVIDIA, которая создает продукты из области искусственного интеллекта (ИИ), способные создавать трёхмерные графические изображения. Сравнив работы искусственного интеллекта и настоящих 3D-художников, специалисты пришли к выводу, что программа справляется с задачами не хуже людей. Это означает, что ИИ сможет существенно упростить людям жизнь, к примеру, взяв на себя прорисовку лиц персонажей из видеоигр. Помимо ИИ, занимающегося 3D-анимацией, в NVIDIA создают и другие программы, умеющие обрабатывать изображения, делая их более реалистичными. Компания делает большие ставки на программы искусственного

интеллекта. Если NVIDIA пойдёт дальше – скооперирует искусственный интеллект для 3D-графики с 3D-печатью и роботизацией, то вполне возможно в будущем ожидать такого правдоподобия в играх, про которое сейчас даже думать не хочется. Не потому, что это невозможно в принципе, а потому, что сейчас сложно представить, как это отразится на реальной жизни – станет ли благом или обернётся обратной стороной, куда лучше не заглядывать, чтоб на себя не вытащить. Но это уже из области страшилок, которыми нас пугают луддиты XXI века.

Про луддитов XXI века в третьей части монографии «Инновационные системы: достижения и проблемы», а здесь, возвращаясь к креативу в 3D-печати, стоит заметить, что нестандартность подхода к 3D-технологиям может проявляться и в стандартных процессах. В тех же технологиях создания новых материалов. Но не методам тыка – сначала получил, что-то необычное и думу думаешь, куда б пристроить, а через целенаправленный поиск, когда задаются параметры, и в их направлении создаётся новый материал.

По этому пути идут исследователи из Университета науки и технологии Миссури, разрабатывающие способ использовать технологию 3D-печати для того, чтобы создавать новые металлические материалы, которые будут прочнее и легче, чем существующие. Процесс изготовления таких металлов дополнительно включает моделирование производственного процесса, создание сети датчиков и бесшовную тех-

нологию изготовления. Металлические материалы, созданные учёными, представляют собой структурные аморфные металлы. Они созданы с помощью лазера, расплавляющего металлический порошок, который затем осаждается слой за слоем для получения 3D-печатного объекта. Исследователи работают над поиском необходимой скорости охлаждения, чтобы металлические материалы получались аморфными, а не с обыкновенной кристаллической структурой. Привлекательность аморфных металлов заключается в их структуре. То есть материал, будучи составлен из крошечных фрагментов, как песчинки, получается прочнее и более устойчивым к трещинам, чем обычные металлы с регулярной структурой. В то время как обычные металлы, как правило, разрушаются вдоль линий своей структуры, в аморфных металлах таких линий нет. Есть надежда, что можно будет создать новые материалы в 10 раз прочнее обычных металлов, при этом снизится количество вещества, необходимое для производства объекта, вес изделия, а также затраты на производство.

С металлом в 3D-печати работает и доктор Кристофер Уильямс, доцент факультета машиностроения Политехнического университета Вирджинии. Он занимается созданием 3D-принтера, который печатает медью. Хотя в 3D-печати металлом нет ничего нового (некоторые компании уже вовсю применяют технологии прямого лазерного спекания металлов и электронно-лучевой плавки), доктору Уильямсу и его команде удалось собрать абсолютно новый тип 3D-принтера,

ведь до них с медью мало кто отваживался работать.

«Нам удалось собрать совершенно уникальный 3D-принтер, – объясняет Кристофер Уильямс. – С медью крайне сложно работать. Однако мы открыли метод разбрызгивания связующего вещества, при котором печатающая головка выборочно вводит клей в медный порошок, и так слой за слоем. Потом мы помещаем изделие в печь, чтобы частицы порошка сплавились и спеклись между собой. Таким образом можно изготовить медное изделие даже самой сложной формы».

Хотя этот процесс кажется достаточно перспективным, есть ещё пара задач, которые доктору Уильямсу и его команде предстоит решить. Главная сложность заключается в том, что после сплавления медных частиц в печи между ними остаются крошечные воздушные пространства. В результате детали получаются гораздо более хрупкими, чем изготовленные традиционными методами, например, путём обработки и шлифовки медных слитков. Исследователи подбирают состав наносуспензии, которая заполнит промежутки между частицами порошка, свяжет их между собой и повысит плотность изделия. Для изготовления такой наносуспензии исследователи решили добавить в клей наночастицы, которые и заполнят промежутки в медном порошке во время спекания. Хотя можно пойти и в обратную сторону – создать пеномедь, увеличив размеры пузырьков в материале, что придаст ему лёгкость. Но тут уже придётся думать: «А кому этот материал станет нужным?». Вполне возможно,

что нанопористые структуры в современном ювелирном деле окажутся интересны, только вместо меди золото и прочие драгметаллы в 3D-принтер грузить надо.

А пока что в направлении внедрения 3D-принтеров в ювелирное дело компания Cooksongold совместно с EOS создали принтер для 3D-печати из драгоценных металлов. Cooksongold разработала порошки из золота (розовое, желтое, белое) и с помощью принтера M080 изготавливает драгоценные изделия сложных форм, которые не под силу традиционному литью. При этом 99 % неиспользуемого порошка вторично используется в производстве. Представитель компании Давид Флетчер рассказал о возможностях принтера по печати ювелирных изделий: отсутствие ограничений на дизайн; сложные формы, недоступные при традиционном литье; тонкие стенки изделий; лёгкий вес, полые изделия; изготовление неразъёмных соединений; короткое время производства – от 4 часов плюс 1,5-2 часа на обработку.

По части получения готовых изделий с применением 3D-принтеров большим шагом вперёд явятся технологии одновременной работы с несколькими материалами с различными свойствами. Как, например, технология трёхмерной печати, разработанная учёными Гарвардского университета, которая позволяет одновременно смешивать и наносить различные концентрированные вязкие материалы. Разработка позволит печатать мягких роботов с интегрированными токопроводящими элементами. Исследователи создали для

3D-принтера новую печатающую головку, к которой по трубкам могут подводиться несколько жидкостей с разной вязкостью. Сопло такой печатающей головки инженеры оснастили импеллером – быстро вращающейся во время печати трубкой с продольными прорезями, которая отвечает за активное смешивание жидкостей. Эта технология уже была апробирована на нескольких материалах. В частности, новая печатающая головка использовалась для нанесения силоксанового каучука и специальных чернил с различной токопроводящей способностью. Кроме того, для печати использовалась и эпоксидная смола с отвердителем. Сегодня уже существуют 3D-принтеры, позволяющие одновременно наносить гетерогенные жидкости разной вязкости, однако в них используется пассивное смешивание материалов. Из-за этого перемешивание получается неоднородными, и точность печати значительно снижается при применении вязких гелей.

В промышленном использовании 3D-принтеров новые перспективы открывают технологии одновременной работы 3D-печати с дискретными элементами создаваемого изделия. Тут можно выделить разработчиков из Принстонского университета, которые представили новый метод сложной 3D-печати. Учёные создали контактные линзы, соединяющие в себе полимеры и настоящие микроскопические светодиоды. Такие линзы буквально излучают свет, однако они совершенно непригодны для ношения на глазах.

«Мы создали уникальное устройство, не рассчитывая, что

ему найдётся практическое применение. Наши линзы не стоит надевать на глаза, хотя бы потому, что они имеют внешний источник питания», – рассказывает ведущий автор исследования Майкл Макальпин.

Новые линзы являются наглядной демонстрацией возможности создания на 3D-принтере интегрированных объектов из сложной электроники, встроенной в различные материалы.

«Данная работа показывает, что современные методики и технологии позволяют печатать на 3D-принтере сложную электронику, включая полупроводники», – поясняет Майкл Макальпин.

Сами контактные линзы состоят из жёсткого пластика. Исследователи использовали особые нанокристаллы (квантовые точки) для создания светодиодов, способных генерировать свет с нужной длиной волны. Изменяя размеры квантовых точек, материаловеды могут варьировать цвет излучаемого света. «Если говорить о 3D-печати буквально, то квантовые точки у нас выступили в роли чернил. В результате нескольких экспериментов мы смогли получить два цвета испускаемых лучей – зелёный и оранжевый», – говорит ведущий автор исследования. Аддитивное производство, оно же 3D-печать, по словам инженеров, может стать решением проблемы по созданию устройств из сложно комбинируемых материалов. Новое исследование является попыткой объединить электронику с пластиком, что при других условиях про-

изводства было бы сделать труднее. Удобство же 3D-принтеров в том, что они позволяют создавать как горизонтальные, так и вертикальные структуры в электронике, тогда как любой другой метод производства предполагает конструирование лишь горизонтальных структур на плоскости с последующим наслаиванием.

Ещё одна работа в области сложной 3D-печати ведётся компанией Rohinni из штата Айдахо, США. Её инженеры создали 3D-печатную светящуюся бумагу. Разработка получила название Lightpaper («Светобумага»). Фактически, это тонкие листы светодиодных массивов, которые могут быть согнуты в различные формы или использованы для покрытия различных поверхностей. Light paper создаётся за счёт смешивания крошечных светодиодов с «чернилами», служащими в качестве субстрата. Затем, полученная смесь наносится на токопроводящий слой. «Начинка» запечатывается между двумя прозрачными защитными слоями. При этом размер светодиодов сопоставим с размером эритроцитов. Получаемая «светящаяся бумага» даже тоньше, чем органические светодиоды, применяемые в производстве OLED-дисплеев. Для чего можно применять такие устройства? Хотя бы для подсветки автомобильных логотипов, в качестве светящихся обоев или наклеиваемых светильников. Согласно Нику Смуту, главному маркетологу Rohinni, компания намеревается сделать технологию печати Lightpaper доступной для любителей. Если старания компании увенчаются успе-

хом, то в скором времени мы сможем украшать светящимся материалом корпуса наших телефонов, переделывать стены спален в ночные светильники, мастерить светящиеся циферблаты часов – как повелит фантазия. «Lightpaper – световая технологическая платформа, о полном потенциале которой даже мы можем только догадываться», – рассказывает Ник Смут.

Другая стезя 3D-печати – изготовление приборов для научных исследований. Здесь пока что поле непаханое, но первые шаги сделаны. Учёные Калифорнийского Университета в Лос-Анджелесе напечатали на 3D-принтере специальный прибор – электронный микроскоп, который подключается к смартфону и способен заменить обыкновенный дорогостоящий электронный микроскоп для рассматривания структур ДНК. «Напечатанный» микроскоп работает в связке со смартфоном под управлением операционной системы Windows Phone. Точность измерения пока не превышает 10000 структур. Но это не предел. В будущем учёные планируют значительно увеличить этот показатель в несколько раз. Подобный гаджет обязательно буден востребован в странах с низкими уровнями дохода населения, где люди не имеют доступа к дорогостоящим генным исследованиям. Все, что нужно для подобных измерений: смартфон, программное обеспечение и сырье для 3D-принтера.

Ну и опять про то же – органические 3D-принтеры. Исследователи из Оксфорда сообщили, что им удалось успешно

напечатать трёхмерную конструкцию из живых клеток. Этот эксперимент открывает дорогу к созданию универсальной платформы для 3D-печати живых тканей, с перспективой воссоздания синтетического аналога любого участка человеческого тела. 3D-принтер для живых тканей функционирует идентично устройствам для работы с полимерами, но сами печатные схемы совершенно иные. Необходимо учитывать, что готовое изделие не будет стабильно, оно должно жить, разрастаться, в нем будут протекать различные биологические процессы. В противном случае результат будет представлять собой бесполезный клочок синтетической плоти. Проблема работы с живыми клетками в том, что они имеют тенденцию к смещению во время печати и обладают склонностью к спонтанному суициду. Чтобы этого не происходило, оксфордские учёные решили оборачивать каждую клетку перед 3D-печатью в персональное липидное покрытие. Получается своего рода «кирпичик» – очень удобный элемент для составления различных конструкций. Технология печати фрагмента тела или целого органа на основе ДНК конкретного человека открывает перед учёными новые биомедицинские возможности. Так, его можно проверить на совместимость с аллергенами, лекарствами, реакцию на токсины, облучение или малоизученные вещества, не подвергая риску самого пациента. В перспективе же 3D-печать живых тканей может стать новой отраслью регенеративной медицины.

А вот китайские физики решили использовать 3D-принтеры по-простому, без заумных прибабахов, но с коммерческой живинкой. Они обратили внимание на полимеры, по разному реагирующие на свет – некоторые из них твердеют при воздействии света, другие распадаются или усыхают – для своеобразной «3D-печати» с помощью проектора и компьютера с программой Power Point. Полимерный материал, реагирующий на свет, помещают в специальную ёмкость, проецируют на неё слайд, подсвечивая его с разной интенсивностью, что позволяет полимеру принимать необходимую форму прямо внутри ёмкости. От продолжительности подсвечивания и яркости зависит толщина конкретного участка и его гибкость. Подготовив определённые слайды, можно создать фигуру практически любой сложности. Полимер, который использовали китайские исследователи, гнётся только при очень небольшой толщине, поэтому, с его помощью получается создать только небольшие оригами, чей размер не превышает пары сантиметров. «Тем не менее, это уже неплохой задел на будущее – любой человек, имеющий дома проектор и Power Point может заняться чем-то подобным», – говорит физик Дайнин Фан из университета Пекина. Сейчас учёные продолжают экспериментировать с другими видами полимеров, стараясь сделать что-нибудь побольше и попрочнее.

Ну, уж и совсем незамысловато про 3D-печать, что на рынок само просится, остаётся только вопрос цены. Компания

Artec Group, запустила свой сервис Shapify, позволяющий любому желающими мгновенно сделать свой 3D-скан и через некоторое время получить свою миниатюрную копию в цвете. Artec собрали большую будку с освещением и сканерами по кругу, с помощью которой делается 3D-скан человека. Shapify не единственное решение со своей 3D-будкой, однако, оно самое удачное с точки зрения облачной инфраструктуры, поддержки расчёта и фиксации моделей, что существенно облегчает жизнь тем, кто хочет сделать бизнес на этом. Само решение продаётся под ключ, единственно, что ему не хватает – получения на месте результатов сканирования в виде трёхмерной статуи клиента. Тут уже всё зависит от качественного 3D-принтера к 3D-будке подключённого. Всё может быть изготовлено дистанционно, главное, чтобы клиент качеством своей 3D-модели остался доволен и цена его устроила.

3D-печать идеальна для создания всевозможных полезных мелочей для дома. Если раньше трёхмерное моделирование представляло собой исключительно трудоёмкий процесс, то сегодня любой, даже самый простой настольный 3D-принтер способен напечатать трёхмерную модель с разрешением в 100 микрон. Роль человеческого фактора при этом сводится к минимуму, а изготовленный предмет будет в точности соответствовать своей компьютерной модели. Особенно хороша 3-D печать для изготовления запчастей к сломавшейся бытовой технике, фурнитуры для мебели, дизай-

на жилища. Можно создать с нуля игрушку для ребёнка или скачать 3D-модель из интернета и придать ей уникальности в программе-редакторе. При этом, такая игрушка по себестоимости будет дешевле покупной и гораздо интереснее для ребёнка, поскольку он будет вовлечён в процесс её создания. Покупая домой такой инструмент как 3D-принтер, родители могут печатать несколько разных игрушек в день: от простых до самых сложных и развивающих – для бесплатного скачивания уже доступны тысячи моделей. Постоянно разрабатываются всё новые и новые материалы для трёхмерной печати, обладающие всевозможными механическими и эстетическими свойствами, а 3D-принтеры и расходные материалы к ним постоянно дешевеют. Через несколько лет такой аппарат может стать неотъемлемой частью почти каждого жилища, как сейчас – телевизор. И неудивительно – полезность этого устройства в быту сложно переоценить. 3D-принтеры в каждый дом – это уже действительно будет умопомрачительный рывок в стремлении удовлетворить растущие потребности потребителей, переход на вышестоящий виток развития цивилизованного мира.

1.1.11 3D-печать – новая эра производства вещей

Во второй половине XVII века человечество изобрело паровой двигатель, подтолкнувший мир к первой промышленной революции. Вторая промышленная революция, связанная с изобретением двигателя внутреннего сгорания и распространением электричества, длится до сих пор и явно переживает период упадка. Её технологии уже выработали свой потенциал и ждут, когда на смену им придёт нечто другое, более совершенное. Что это может быть? Существует мнение, что именно технологии 3D-печати смогут придать развитию человечества новый импульс.

Это сейчас возможности 3D-принтеров вызывают не более чем любопытство сродни тому, что мы обычно испытываем в зоопарке, глядя на неведомую зверушку, однако в долгосрочной перспективе их потенциал поистине огромен, и уже в ближайшие годы 3D-печать получит ещё большее распространение и кардинально изменит представления о производстве вещей, делая их более доступными и уникальными. А это однозначно скажется на культуре производства и потребления, неотвратимо изменяя облик повседневной жизни человека.

Многие учёные предрекают наступление эры 3D-печати,

которая приведёт к полной децентрализации общества. Наряду с развитием солнечной энергетики и тотальной информатизацией, трёхмерная печать может стать толчком к развитию автономности домов, в рамках которой единственная потребность в связи с внешним миром будет заключаться в необходимости покупки сырья для 3D-принтеров. В результате логистика в своём нынешнем виде исчезнет, а её место займёт нечто совершенно другое. Хорошо это или плохо, сказать трудно, однако тот факт, что наш мир в скором времени изменится до неузнаваемости, уже не вызывает никаких сомнений, и не последнюю роль в этом сыграют 3D-технологии.

1.2 Зелёные технологии

Как было сказано и показано в предыдущей главе, в наши дни мощным фактором, давшим новый толчок прогрессу в направлении растущих потребностей человечества, стало распространение цифровых технологий: 3D-моделирования, 3D-сканирования, объёмной печати и роботизации. Но для того, чтобы инновационный продукт органично вписался в многомерное пространство будущего, на современном этапе развития общества на первый план выходит экологическая составляющая любой инновации, то есть инновация, помимо всего прочего, должна быть экологически приемлемой. По оценкам многочисленных экспертов экологические технологии, в просторечии называемые «зелёными технологиями», станут лидирующими в развитии мирового хозяйства в XXI веке.

Заключения экспертов не на пустом месте появились – в последние годы в условиях реализации стратегии экологически ориентированного роста «зелёные технологии» в цивилизованном мире развиваются ускоренными темпами. Важнейшими стимулами роста служат различные меры государственной политики, а также новые возможности, открывающиеся перед бизнесом на экологическом рынке, который быстро растёт под влиянием спроса со стороны потребителей.

Смена технологической парадигмы и диверсификация производства в сторону малозатратных, малоотходных, малотоксичных «зелёных технологий» произошла в конце XX века и коснулась практически всех, как уже существующих, так и только разрабатываемых технологий. В связи с этим в развитых странах граждане вместе с правительствами ставят задачу и принимают программы национального и интернационального характера по защите окружающей среды и человека от него самого, осознав, что пришло время спасать планету от нас самих, неразумно, избыточно эксплуатирующих и нагружающих природу. Ответом на эти вызовы явилось новое направление науки и практики под названием «зелёные технологии».

Стоит отметить, что не существует единого определения понятия «зелёных» или экологически чистых технологий. Общий подход предполагает достижение их главной цели – снижение негативного воздействия на окружающую среду путём сокращения объёмов потребляемых ресурсов, уменьшения количества отходов вплоть до их полного возврата в производство посредством глубокой переработки, использования в производственных процессах механизмов и принципов, «работающих» в природе, повышения энергоэффективности производства и быта, улучшения свойств материалов с позиции экологической безопасности.

Согласно классификации Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), «зелёные технологии»

охватывают следующие сферы:

- общее экологическое управление (управление отходами, борьба с загрязнением воды, воздуха, восстановление земель);

- производство энергии из возобновляемых источников (солнечная энергия, энергия ветра и океана, биотопливо, другое), смягчение последствий изменения климата, снижение вредных выбросов в атмосферу, повышение эффективности использования топлива, а также энергоэффективности зданий и бытовых приборов.

Если развернуть эту сжатую формулу, то получим, что «зелёные технологии» по существу охватывают все области деятельности человека и нацелены на:

- устойчивое развитие современного общества для блага будущих поколений с решением глобальных задач: предотвращение истощения ресурсов, налаживание разумного природопользования, улучшение демографии, исключение токсичности производства;

- производство нетоксичных продуктов по замкнутому циклу: производство – утилизация – новое производство (от рождения до рождения – «cradle to cradle», вместо нынешнего «grave to grave» – от могилы до могилы);

- максимальное, вплоть до нуля, сокращение отходов за счёт инноваций в технологиях и в структуре потребления;

- принципиальную модификацию вредных производств и замену их на безвредные с использованием естественных

технологий, созданных природой за миллионы лет;

- замена не возобновляемых природных ресурсов на альтернативные возобновляемые источники сырья и энергии;

- исключение использования вредных синтетических химикатов в сельском хозяйстве, внедрение биотехнологий в земледелие, животноводство и переработку сельхозпродукции.

В настоящее время «зелёные технологии» внедряются во всю цепочку деятельности компаний, включая, помимо производства, потребление, менеджмент и методы организации производства, во имя решения глобальных задач по устойчивому развитию современного и будущего общества, а именно:

- модификация и замена вредных производств;

- развитие новых альтернативных видов энергии и новых видов топлива;

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.