

**АНАСТАСИЯ ПОПОВА,**  
научный сотрудник Института проблем лазерных  
и информационных технологий  
Российской академии наук (ИПЛИТ РАН)  
anastasia.popova@fsmmedia.ru

# 3D: ИДЕОЛОГИЯ И МИФОЛОГИЯ. ЧАСТЬ 2. ОПТИМИЗМ И СКЕПТИЦИЗМ

Сенсационные заявления в прессе о невероятных достижениях 3D-печати — насколько оправданы восторги журналистов? Сегодня мы попробуем разобраться в этом.

Все чаще в прессе встречаются сообщения об очередном достижении трехмерной печати. Плате для Диты фон Тиз, винтовка M16 и кольт M1911, детали истребителей и космических кораблей, а также гамбургеры и отдельные органы людей и животных — все это, по словам журналистов, легко напечатать с помощью трехмерного принтера. Неужели наконец найдена панацея ото всех бед, а заодно и волшебная палочка? Попробуем составить свое мнение об этих сенсационных заявлениях, пользуясь знаниями о преимуществах и недостатках трехмерной печати,

с которыми мы познакомились в первой части статьи (*Control Engineering Россия*, 3'2014, стр. 82). Не имея возможности рассказать обо всех нюансах и модификациях технологий, нам, тем не менее, удалось осветить основные направления этой стремительно развивающейся индустрии, а именно:

- ламинация (последовательное склеивание слоев листового материала, вырезанных по соответствующему сечению трехмерной модели);
- стереолитография (последовательное селективное отверждение жидкой

- композиции путем фотоиницированной полимеризации);
  - селективное спекание (последовательное сплавление частиц порошкового материала);
  - порошковая печать (последовательное склеивание частиц порошкового материала);
  - экструзионная печать (процесс последовательного формирования модели из полужидкого материала с последующим отверждением).
- Знание этих принципов позволяет оценить, насколько реальны радужные прогнозы относительно будущего 3D-печати. Информационные ресурсы переполнены сообщениями о самых неожиданных применениях этих технологий, и если с деталями космических кораблей и самолетов все примерно ясно (создание штучного продукта сложной конфигурации из специфических материалов с высокой точностью — один из «козырей» трехмерной печати), то как и, главное, зачем использовать трехмерный принтер в кулинарии или в индустрии моды? Предлагаю подробно рассмотреть самые интересные примеры, которыми пестрит Интернет.

Поскольку наш номер посвящен пищевой промышленности, начнем, пожалуй, с кухни.

## **ПИРОГИ, ПЕКИТЕСЬ САМИ**

Анализируя возможности 3D-печати, можно легко представить трехмерный принтер полноправным кухонным агрегатом, способным обеспечить весь технологический процесс изготовления, допустим, торта со взбитыми сливками или суши.

Пожалуй, в этом случае целесообразнее всего брать за основу техно-

## **Джеффри Липтон (Jeffrey Lipton), научный сотрудник Корнельского университета: «Мы научились печатать мясо»**

Современная индустрия дает нам понять, что с помощью красителей можно что угодно сделать похожим на что угодно, а с помощью ароматизаторов это «что угодно» можно сделать похожим еще и по вкусу... Но если еда будет давать ощущение «переготовленности», у людей возникнет отторжение: никто не захочет есть склизкий стейк. Не без гордости скажу, что мы добились определенных успехов в решении этой проблемы. Мы научились печатать мясным пюре в различном виде, а потом обжаривать получившиеся формы во фритюре. Ключевой момент в достижении нужной консистенции — использование фермента трансглутаминазы, который помогает протеинам в мясном пюре перегруппировываться и восстанавливать структуру мяса.

логию экструзионной печати, добавив к имеющейся конструкции дополнительный блок для предварительной подготовки «сырья» и программируемый термостат для запекания или подогрева блюд. Оставим пока в стороне скепсис относительно осуществимости нашего плана и посмотрим, что может дать этот гипотетический кухонный помощник.

Во-первых, принтер позволит создать блюда практически любой конфигурации, независимо от дизайнерских навыков и кулинарных способностей (рис. 1). Во-вторых, все, что потребуется для приготовления, — загрузить нужные компоненты и составить (или выбрать) программу печати. В-третьих, он позволит готовить блюда с заданной калорийностью, нужным количеством белков, жиров, углеводов и желаемыми вкусовыми свойствами. К тому же все возможные программы печати могут храниться в памяти самого принтера, и повторить так удачно получившееся блюдо не составит труда.

Говоря о необходимости приготовления блюд с заданными характеристиками, следует иметь в виду не только культуристов и людей, желающих похудеть, но и те случаи, когда малейшее нарушение диеты ведет к катастрофическим последствиям, например больных диабетом, фенилкетонурией, аллергиков. И если здоровому человеку не особенно важна длина углеводных цепей в утренней каше, то для диабетика это имеет решающее значение. Врачи составляют различные варианты диет, причем существенное значение имеет не только состав продуктов, но и нюансы кулинарной обработки, а также содержание в пище конкретных микроэлементов. Длительные расчеты, сомнения — сколько грамм какого продукта можно себе позволить, что выбрать — кусочек сыра или креветку? Насколько проще было бы, если бы вместе с диагнозом больной получал «флэшку» с разрешенными рецептами и картриджи с расходными материалами. Кстати, именно на доход с продажи картриджей (рис. 2) аналитики возлагают самые большие надежды.

Что же происходит в реальности? Чтобы привести 3D-принтер на кухню, ученые пошли по пути развития экструзионной технологии. Было спроектировано устройство, имеющее функции охлаждения и запекания пищи и предполагающее

использование до 12 пастообразных компонентов при приготовлении блюда. Однако этот агрегат находится в стадии разработки, а современное состояние дел на «кухне» 3D-печати таково, что основной изюминкой использования этих технологий является исключительно форма готового изделия (рис. 3). Кстати, находчивые японцы открыли кафе, предлагающее посетителям съесть свой скульптурный портрет... Правда, при этом не оговаривается время, необходимое на 3D-сканирование, обработку данных и саму печать фигурки. К слову о сахарных фигурах: технология селективного спекания позволяет не только изготавливать сложные изделия из самых тугоплавких материалов, нагревая рабочий порошок до чудовищных температур, она открывает интересные горизонты и в кулинарии. В качестве рабочего порошка используется сахарная пудра, и лазерный луч, сканируя поверхность по заданной траектории, нагревает ее до температуры карамелизации. Готовые изделия, по словам экспериментаторов, получаются исключительно крепкими и в некоторой степени влагостойкими.

Вообще сообщений о применении трехмерного принтера на кухне достаточно много, какие-то из них вызывают здоровый скепсис, а некоторые заставляют вспомнить известную поговорку про микроскоп и гвозди. Если же критически рассмотреть все тренды этого направления, можно предположить, что будущее «принтера на кухне» — либо в использовании готовых коллоидов на основе желатина и кантановой камеди с соответствующими вкусовыми добавками, либо (конечно, в существенно более долгосрочной перспективе) принтер должен переродиться в настоящий «синтезатор пищи» из фантастических романов, который бы собирал блюдо на молекулярном уровне, а животные волокна выращивал из клеток. Предпосылки для этого есть: еще в 2011 г. пионер в области биопечати Андраш Форгакс (Andras Forgacs), основатель и генеральный директор компании Modern Meadow («Современный Луг»), в прямом эфире канала TEDMED приготовил и съел образец мяса, клеточно напечатанного на 3D-принтере. Сегодня создание мышечной ткани из миоцитов, взятых методом биопсии, не особенно удивляет, но остается непонятной роль принтера в этом про-



**РИС. 1. ▲** Куриное фелле в паниреве в виде космического корабля



**РИС. 2. ◀** Примерно так могли бы выглядеть «пищевые» картриджи

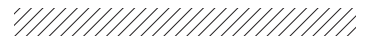
цессе и срок, который потребуется для «выращивания» такого кусочка мяса.

**ФАНТАЗИЯ ХУДОЖНИКА**

Продолжая тему экзотического применения 3D-принтеров, стоит упомянуть Эрика Кларенбека (Eric Klarenbeek), использовавшего при печати деталей интерьерера в качестве

**РИС. 3. ▼** Карамельная фигурка, напечатанная на 3D-принтере





**РИС. 4. ▲**  
«Грибной стул»  
Эрика Кларенбика

одного из компонентов грибной мицелий. Коллекция мебели выглядит сногшибательно (рис. 4), однако, по словам создателя, обладает интересной особенностью — грибы, выращенные из мицелия для создания специфического колорита, продолжают расти. Рассматривая эту коллекцию, поневоле проникаешься уважением к фантазии дизайнера, но лично мне остается непонятным, зачем было использовать

для создания такой инсталляции трехмерный принтер и что будет с этой экосистемой после того, как грибы завершат свой жизненный цикл?

Сообщения о применении 3D-принтера для «шитья» одежды поначалу вызывают недоумение: зачем использовать 3D-печать для создания этого, по сути, двумерного объекта? Но такие платья иначе, как на принтере, изготовить трудно (рис. 5).

### 3D-ПОЛЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЫСЛИ

Но возможно ли напечатать на трехмерном принтере действительно сложное устройство? Давно существует печатная электроника, почему бы не объединить ее возможности с технологией трехмерной печати для создания электронных устройств и компонент? Использование 3D-печати должно позволить избавиться от пайки и сварки, обжима проводов для соединения с разъемами — самых слабых мест при изготовлении электронных компонент. Действительно, такая

идея вдохновляет ученых на поиски, и в этом направлении уже достигнуты некоторые успехи.

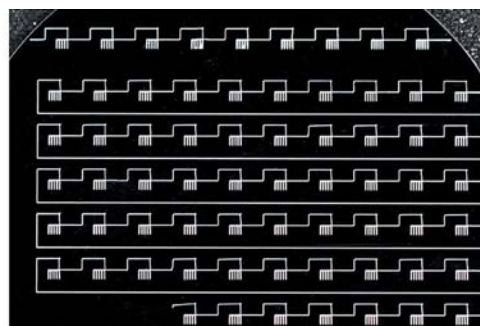
Хотя существуют различные возможности печатать непосредственно металлом (например, селективное спекание или экструзия легкоплавкого материала), в настоящее время ученые возлагают большие надежды на проводящие полимеры. Этот, на первый взгляд противоречивый, термин обозначает полимерные материалы, способные проводить электричество. Традиционно они представляют собой пластмассы с токопроводящим наполнителем (металлической пудрой, частицами графита). Однако сравнительно недавно появились материалы, в которых электропроводностью обладают уже сами макромолекулы или надмолекулярные образования. Это открывает интересные перспективы: становится возможной печать электрической начинки прибора вместе с корпусом, а это значит, что можно будет получить, допустим, бытовую электронику или новую модель телефона в виде файла и изготовить на своем принтере по индивидуальным параметрам. Посмотрим, как эти материалы используют современные исследователи.

Новостные ленты сообщают, что группа Дженифер Льюис (Jennifer Lewis), материаловеда из Гарвардского университета, разработала ряд материалов, пригодных для печати на 3D-принтере, которые при затвердении образуют электроды, провода и антенны. Утверждается, что, комбинируя эти материалы, можно напечатать даже настоящую батарею (рис. 6). Вникнув в проблему, мы видим, что учеными используются различные композитные жидкости с добавлением металлических порошков — лития для изготовления батареек и серебра для печати проводов. Это означает, что придется не только решать проблемы, которые встают перед современной печатной электроникой (надежность и долговечность конструкции), но и обеспечивать гомогенность «чернил», что при таких масштабах имеет решающее значение.

Группа доктора Саймона Ли (Simon Leigh), эксперта по 3D-печати из университета Уорвика, также разработала новый материал, который был назван карбоморф. По утверждениям ученых, он позволит устанавливать различные электронные компоненты и соединять их в схему прямо



**РИС. 5. ►**  
Одежда, напечатанная  
на 3D-принтере



**РИС. 6. ►**  
Микроскопическая  
батарея

### Сергей Власов, инженер ООО «Икстурион»: «Отрицательный результат — тоже результат»

Иногда при прототипировании корпусов с помощью 3D-печати проблемы возникают там, где и не ждешь. Наша компания заказала печать из фотополимера по запатентованной технологии на дорогостоящем профессиональном зарубежном оборудовании из оригинальных недешевых материалов. «Из-под станка» детали вышли качественные, выполненные в хорошем разрешении, без трещин и сколов. Проблемы начались потом. Оказалось, что этот материал не держит форму: корпус нашего робота начал деформироваться без внешних нагрузок, просто под собственным весом. Стыки корпусных элементов разошлись, появились зазоры или, наоборот, подвижные детали стали задевать друг друга. В итоге об использовании данных заготовок в качестве мастер-моделей для дальнейшей отливки не могло быть и речи. Мы понимаем, что надо оценивать не только характеристики принтера и технологию печати, но и свойства материала, а это не всегда возможно, поскольку производители защищают состав печатающих порошков как коммерческие ноу-хау.

во время процесса печати, а также изготавливать сенсорные датчики и элементы управления, которые являются частью конструкции печатаемого электронного устройства.

Идея самовоспроизводящейся машины увлекает людей, и одной из целей проекта RepRap было показать, что можно напечатать 3D-принтер на 3D-принтере. Но в конечном счете печатается не весь 3D-принтер, а только некоторые его детали, тогда как металлические части, такие как стержни, болты и гайки, а также вся электроника и проводка не могут быть распечатаны на этом агрегате. Следует

признать, что сейчас применение трехмерной печати к созданию устройств ограничивается исключительно печатью корпуса.

Если же фантазировать на тему будущего для 3D-печати электроники, обратимся к словам ученого из университета Айовы. Он предлагает, ни много ни мало, повышать функциональность человеческого тела путем введения новых органов. Например, с помощью имплантации генератора. Чем это может обернуться? Возможностью заряжать смартфон прикосновением руки? Ученые отвечают сдержанно и предельно конкретно:

«Сейчас для работы такого устройства, как кардиостимулятор, необходимы батарейки, а для их замены требуется хирургическое вмешательство. Мы сможем создать “внутреннюю батарейку” — орган, который, находясь внутри человеческого тела, будет генерировать электричество для работы кардиостимулятора». Вообще в медицине технологиям 3D-печати нашлось, похоже, самое достойное место. И, пожалуй, это та область, где их применение наиболее оправдано. Подробно на эту тему мы поговорим в следующем году, в номере, посвященном медицине. ●

### Своими соображениями о роли 3D-печати в современной науке и технике с нами поделился Виктор Волков, д. т. н., академик РАН, профессор

В ближайшем будущем 3D-печать обязательно станет реальностью. Для этого существуют достаточно серьезные предпосылки не только за рубежом, но и в России.

Эта технология вообще предполагает создание новых молекулярных соединений, являющихся основой для разработки новых материалов, компонентов, лекарств и пищевых продуктов с программируемыми свойствами.

3D-печать незаменима для создания совершенных СКУД, эффективна для создания СБИС, микроминиатюрных персональных компьютеров и микропроцессоров, а также МЭМС, микроэлектродвигателей и источников первичного питания в интегральном исполнении (в том числе и солнечных батарей). На основе 3D-печати возможно эффективное проектирование приборов и устройств с высоким быстродействием, создание систем накопления информации с поистине неограниченным ее объемом.

Однако в настоящее время широкому распространению 3D-печати мешают прежде всего дороговизна исходных материалов и недостаточная профессиональная подготовка технологов.