

УДК 658.5, 338.27  
JEL O32, M11, D91

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НА БАЗЕ УНИВЕРСИТЕТОВ 3D ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПОЛИМЕРОВ**

**Исхакова Д.Д.,**  
к.п.н., доцент,  
ФГБОУ ВО «КНИТУ»,  
г. Казань

**Стародубова А.А.,**  
к.э.н., доцент,  
ФГБОУ ВО «КНИТУ»,  
г. Казань

**Додонов Г.В.,**  
магистр,  
ФГБОУ ВО «КНИТУ»,  
г. Казань

*Аннотация: Проведена оценка жизненного цикла 3 D и 4 D технологий в мире за 2010 - 2018 года, с прогнозом срока адаптации этих технологий. Предложена и описана новая бизнес-модель в области производства товаров из полимеров, с применением 3 D технологий и программного обеспечения, на базе университетов. Рекомендованы области применения 3 D технологий в области полимеров, на базе технологических университетов.*

*Ключевые слова: бизнес-модель, университет, полимеры, 3D-технологии, 4D-технологии, жизненный цикл.*

## **OPPORTUNITIES OF APPLICATION ON THE BASIS OF 3D UNIVERSITIES IN POLYMERS**

**D.D. Ishakova,**  
Candidate of Pedagogic Sciences, docent,  
FSBEI HE "KNITU",  
Kazan, Russia

**A.A. Starodybova**  
Candidate of Economic Sciences, docent,  
FSBEI HE "KNITU",  
Kazan, Russia

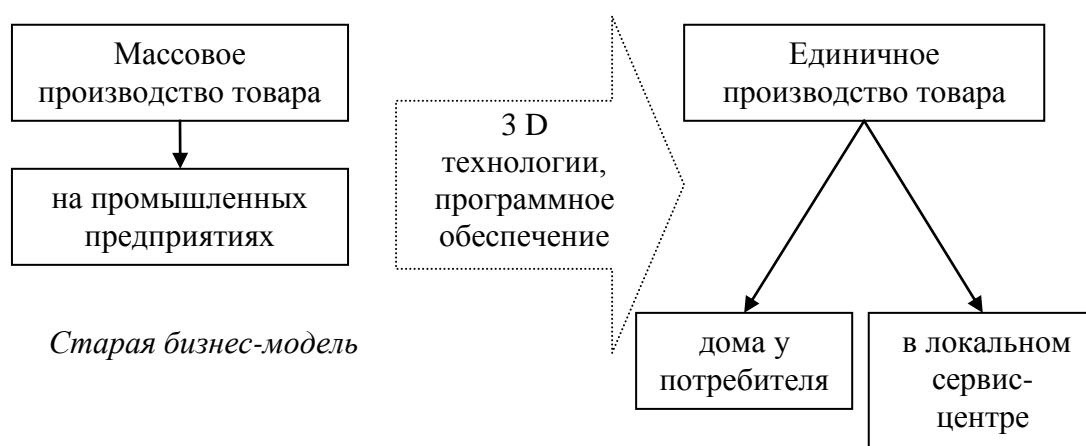
**G.V. Dodonov**  
Master,  
FSBEI HE "KNITU",  
Kazan, Russia

*Abstract: The life cycle of 3 D and 4 D technologies in the world was assessed for 2010 - 2018, with a forecast of the term for the adaptation of these technologies. A new business model is proposed and described in the field of production of goods from polymers, using 3 D technologies and software, based on universities. Areas of application of 3 D technologies in the field of polymers, based on technological universities, are recommended.*

*Keywords: business model, university, polymers, 3D technologies, 4D technologies, life cycle.*

Согласно исследованию А. Сливотски, наблюдается мировая тенденция, что полимерные товары широкого потребления уступают место специальным продуктам [1]. Полимерным предприятиям предстоит перейти от бизнес-модели, которая ранее ориентировалась на продукт к новой бизнес-модели ориентированной на решение проблем, то есть возможен уход от массового производства к штучным разработкам, производству, производству и сервису. Необходимо подбирать не потребителя под имеющийся полимерный товар, а товар под имеющегося потребителя – строить бизнес по модели «шведского стола».

На рисунке 1 показана схема новой бизнес-модели в производстве товаров из полимеров.



*Рисунок 1 – Бизнес-модель производства товаров из полимеров, основанная на 3 D технологии*

Перейти к штучным разработкам, производству, сервису в области полимеров позволяют технологии: 3 D печати и сканирования, больших данных, социальных платформ [2, с.17].

Как видно из рисунка 1 университеты могут выступать в качестве локального сервис-центра, где можно при помощи 3 D технологии осуществить изготовление полимерного товара. Так же в функцию университетов по распространению 3 D технологий может входить обучение (в том числе, on-line) потребителей самостоятельного пользования 3 D технологий (дома у потребителей или в самих университетах).

На рисунке 2 показано сравнение издержек для производства товаров из полимеров, старой и новой бизнес-моделям [2, с.17].

*Новая бизнес-модель*

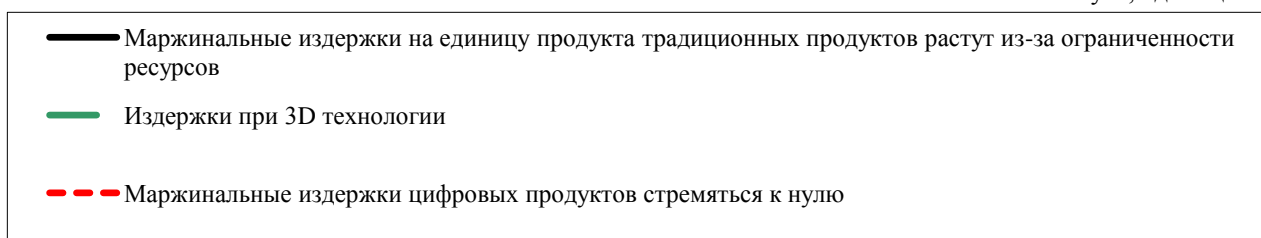
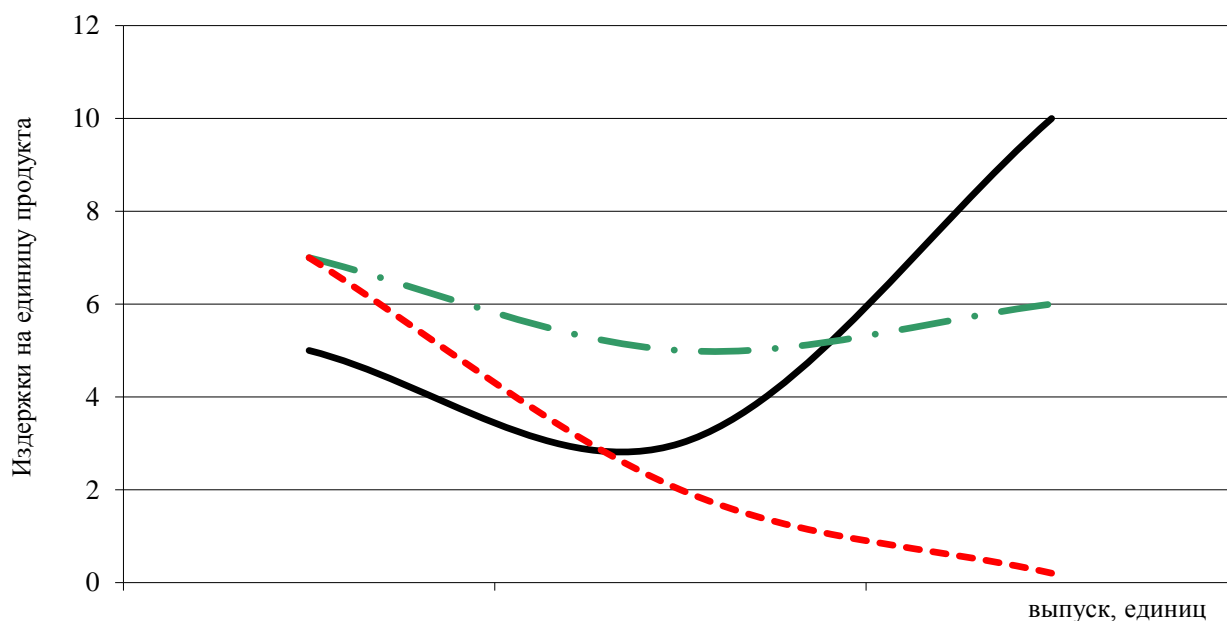


Рисунок 2 – Издержки производства товаров из полимеров, основанных на 3 D технологии

3 D печать может обеспечить: удешевление полимерных товаров для потребителя, за счет удаления транспортно-логистических издержек, накладных расходов и прибыли производителей и посредников в каналах продвижения; возможность колоссального сбережения энергии [2, с.131].

В таблице 1 показаны области возможного использования 3 D технологии [2, с.131].

Как видно из таблицы 1, среди областей возможного применения 3 D технологий наибольший вес занимает опытный образец 85% от всех опрошенных. На втором месте по уровню возможного применения 3 D технологий – проверка обоснованности концепций 59% от всех опрошенных. Все эти области применения могут осуществляться на базе университетов, с использованием консультаций различных научных специалистов, а также есть возможность получения практических навыков студентами этих университетов при выполнении заказа потребителя.

Таблица 1

**Области возможного применения 3 D технологии**

Область применения	Удельный вес респондентов, которые могли бы использовать 3 D, %	
	Опытные пользователи	Всего
Проверка обоснованности концепции	21	59
Опытный образец	39	85
Производство	17	50
Образование	4	13

Маркетинг образцы	9	31
Хобби	3	2
Искусство	2	4
Прочее	4	9

Несмотря на преимущества 3 D технологий, у них есть недостаток – высокая стоимость расходным материалов для производства (филаментная нить из ABS пластика и PLA пластика). Для решения этого недостатка, можно применить опыт профессора Мичиганского технологического университета Джошуа Пирса. Дж. Пирс разработал новую автоматизированную версию робота «RecycleBot» для изготовления пластиковых нитей из вторичного сырья (бутылок из под молока). Экономия от предложенного мероприятия:

- на изготовление филаментной нити требуется в 10 раз меньше энергии, чем при традиционном способе производства, а также меньше, чем необходимо для простой утилизации бутылок из под молока;

- затраты на производство филаментной нити из пластиковых бутылок на 70-80 % ниже, чем при традиционном способе производства [3].

Поэтому, опыт Дж.Пирса можно применить в технологических университетах специализирующихся на полимерах, для повышения эффективности использования 3 D технологий.

В настоящее время в мире 5% потребительских товаров создано с помощью 3 D технологии. По прогнозу К. Шваба к 2025 году ожидается значительный рост потребительских товаров созданных с помощью 3 D технологии [2, с.131].

Ежегодно предприятием «Gartner» (США) с 1995 года для прогнозирования влияния новых технологий во времени (на рынках информационных технологий) составляется «цикл Нуре» [4]. Рассмотрим данный жизненный цикл для технологии 3 D по состоянию на 2018 год.

В «цикле Нуре» выделяются пять последовательных стадий, которые может проходить технология:

- технологический триггер – первые публикации о новой технологии;
- пик чрезмерных ожиданий – широкое обсуждение в обществе новой технологии;
- избавление от иллюзий – обсуждение первых недостатков новой технологии;
- преодоление недостатков – устранение недостатков новой технологии, коммерциализация;
- плато продуктивности – общество воспринимает новую технологию как данность [5].



Рисунок 2 – Жизненный цикл 3 D технологий по версии «Gartner» на 2018 год

Для каждой технологии указывается прогнозируемое экспертами время, необходимое для адаптации технологии (например, используются группировки: более 10 лет, от 5 до 10 лет, от 2 до 5 лет, менее 2 лет) [5].

Первые публикации о 3 D принтинге и 3 D биопринтинге на жизненном цикле по версии «Gartner» появились в 2010 году на первой стадии в качестве, технологического триггера. При чем, на 2010 год период адаптации технологий 3 D принтинга (5-10 лет) и 3 D биопринтинга (более чем 10 лет) [4].

В 2015 году на жизненном цикле по версии «Gartner» 3 D принтинг на предприятиях представлен на 4 стадии (устранение недостатков новой технологии, коммерциализация), с периодом адаптации технологии через 2-5 лет. Так же в 2015 году на жизненном цикле по версии «Gartner» 3 D принтинг потребителями представлен на 2 стадии (пик чрезмерных ожиданий) – широкое обсуждение в обществе новой технологии, с периодом адаптации технологии через 5-10 лет [4].

Как видно из рисунка 2, 3 D технологии не указаны в 2018 году в качестве перспективных технологий, на смену 3 D пришли 4 D технологии, которые могут широко использоваться уже через 10 лет на Smart-фабриках. Технология 4D, которая создаст новое поколение самоизменяющихся продуктов, способных реагировать на изменения окружающей среды, включая температуру и влажность [2, с. 17].

Во всем мире и в России появилась профессия «био-архитекторы» в области 3D-печати. Первоначально техника 3D-печати разрабатывалась с целью организации оперативной печати, не требующей создания дорогостоящих литьевых форм. Так опытные образцы до утверждения в серию требовали удешевление выпуска. От макетов и прототипов пользователи 3D-печатных устройств перешли к выпуску расходных материалов, когда необходимо напечатать в единичных экземплярах или малых тиражах запасные детали или просто механизмы, снятые с производства. Затем 3D-аналоги стали использовать для ускорения поставки и одновременно удешевления комплектующих электроприборов, машин и самолетов и, наконец, для изготовления медицинских приборов – использование неорганических материалов таких как: полимеров, стекла, металла, керамики. [6, с.22]

Третья технологическая революции привела к появлению таких явлений как 3D-печать, с помощью которой, например, сегодня в лабораториях выращивают сердечные клапаны. Микронного размера приборы могут доставлять внутрь человеческого организма необходимые лекарства. Соответственно, возникают вопросы к качеству поверхности деталей, к сочетанию различных материалов в одном изделии, к возможности комбинации экструзии, литья и сборки в рамках одного процесса. [7, с. 13] Стали появляться компании, нацеленные на помощь медицине: проведение операций, сканирование органов, разработка и создание новых видов протезов, исследование и комбинирование материалов, создание тканей биопечати для тестирования лекарств и трансплатации. Количество специалистов и объем рынка 3D-печати за последние 5 лет увеличились. В 2017 году правительство РФ выделило порядка 700 млн. рублей (14 млн. долларов) на разработку и клинические испытания имплантируемых медицинских изделий, в то время как Австралийскому технологическому университету Квинсленда – 1 млрд. долларов. [6, с.3]

Возможности 3D-печати поражают воображение медиков и дизайнеров. Новые технологии перевернут представление о медицине и сохранении жизни (печать человеческих тканей, полноценных органов, мышц, протезов, имплантантов, позволит преодолеть травмы, несовместимые с жизнью). [6, с.25] Расчетная потребность трансплантаций органов на 1 млн населения в год составляет: почка 74, сердце – 67, печень – 59, поджелудочная железа – 13, легкое – 13, комплекс сердце – легкое – 18. Помощь медиков будет доступна сотням тысяч людей. Однако имеется проблема в технологии – это длительность печатания одного органа (несколько месяцев) и кровоснабжение. Печатать кровоснабжение пока не удастся [6, с.26].

Мадридский университет Карлоса III, Центр по исследованию в сфере энергетики, окружающей среды и технологий (СИЕМАТ) и Университетский госпиталь Грегорио Мараньона представили 3D-биопринтер. Материал, который он воспроизводит, идентичен человеческой коже. Данный принтер использует инжекторы с биологическими компонентами человека и биочернила, процесс контролируется компьютером. Выращивание кожи из клеток человека занимает 2 недели, а новая технология позволяет сократить данный процесс до 2 дней.

В 2016 году фармацевтическая компания получила разрешение от управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов, с помощью 3D-печати, создавать лекарственные средства, т.е. они будут пористыми, а не прессованными. К 2023 году планируют осуществлять методом 3D-печати из живых человеческих клеток пересадку печени и почек [6, с.28].

Каковы вызовы четвертой промышленной революции? Какое будущее ожидает полимерную индустрию в ближайшее время?

Оборудования четвертого поколения характеризуются тем, что они являются программируемыми автоматами с электронной системой управления. В их основе лежит совместное использование компонентов разной физической природы, а основная черта состоит в многоуровневой системе управления и мобильности перенастройки с помощью гибкой программы смены технологического процесса. Системы управления нижнего уровня в таком оборудовании завязаны через специальный интерфейс с процессором высшего уровня и имеют возможность постоянно обмениваться информацией между собою, образуя, таким образом, интеллектуальную систему управления. Подобная система способна самостоятельно адаптироваться к целям производства в определенных границах программного уровня и решать порой весьма сложные производственные задачи [8].

По оценке специалистов в середине-второй половине 20-х годов нынешнего века наступит эра техники пятого поколения, более «интеллектуальной» даже самой

передовой сегодняшней. Разработчики такой техники ориентированы не только на способность оборудования адаптироваться к изменению внешнего управления, но и выполнять самодиагностику своих составных частей и отслеживать качество создаваемых единиц.

Для появления такой техники необходим специалист, разбирающийся в механике, в компьютерных технологиях, в новейшей промышленной электронике и пневматике и во многом другом, особенно понимать взаимодействие всего этого в технике.

Массачусетский технологический институт ввел специальный курс по аддитивным технологиям (3D-печати) и сформулировал рекомендации к созданию подобных курсов в других учебных заведениях. В России создано много небольших компаний, предоставляющих услуги по прототипированию. В своем арсенале данные компании имеют 3D-принтера в количестве 1-2 штуки. Также в РФ созданы первые инжиниринговые центры в научных и образовательных заведениях. Одним из первых к разработке высокотехнологических процессов получения специальных полимеров с повышенными эксплуатационными свойствами с помощью 3D-печати методом FDM приступил Кабардино-Балкарский государственный университет [6, с.48]

В послойном наплавлении экструдированным расплавом (Fused deposition modeling (FDM)), для создания трехмерной модели при прототипировании, в качестве материалов используют термопластики. Модель производится путем экструдирования (выдавливания) расплавленного термопластика с образованием последовательных слоев. Программа ориентирует модель оптимальным для построения прототипа образом, разбивает ее на горизонтальные сечения (слои) и рассчитывает пути перемещения головки, укладывающей нить. Некоторые устройства позволяют использовать разные материалы во время одного производственного цикла [9].

Материалы используемые для печати по технологии FDM:

- ABS-M30, ABSplus (АБС пластик);
- ABS-ESD7 (антистатический АБС);
- ABS-M30i (АБС медицинского назначения – ISO 10993 USP Class VI, биосовместимый);
- ABSi (прозрачный АБС-пластик);
- PC-ABS (поликарбонат – АБС);
- ASA (акрилонитрилстиролакрилат);
- PC (поликарбонат);
- PC-ISO (поликарбонат с ISO 10993 USP Class VI, биосовместимый);
- ULTEM<sup>TM</sup> 9085 resin (термо- и механостойкий пластик);
- PPSF/ PPSU (полифенилсульфон);
- FDM Nylon 12 (полиамид 12) [10].

Модели изготавливаются с высокой скоростью, точность от  $\pm 0,127$  мм, толщиной слоя от 0,127 мм. Программное обеспечение оборудования может работать в автоматическом режиме, а оператор контролировать построение каждого слоя и настраивать его параметры.

FDM является одним из недорогих методов печати, что привело к спросу принтеров, работающих по этой технологии. В быту они применяются для создания самых разных объектов целевого назначения, игрушек, украшений и сувениров.

Аддитивные технологии, к которым относится 3 D технологи позволяют:

- снять ограничения при разработке изделий, в т.ч. использование новых принципов проектирования «по потокам сил» может обеспечить снижение массы изделий до 60%;
- сократить потери при вынужденном изменении конструкции;

- сократить циклы подготовки производства в 10-50 раз;
- сократить дефицит рабочих профессий;
- обеспечить мелкосерийный выпуск продукции по индивидуальным заказам;
- отказаться от вспомогательных производственных материалов;
- отказаться от парка механообрабатывающего оборудования, энерготехнологического оборудования (печи, автоклавы, вакуум-формовочные машины и т.п.);
- размещать оборудование в офисных помещениях;
- сократить отходы производства;
- сократить складские и производственные площади в 3-5 раз [11].

Изначально 3D-печать предполагалось использовать только в промышленном производстве, но уже сейчас это направление начинает развиваться так быстро, что теперь можно выпускать единичные экземпляры и мелкосерийные партии. В настоящее время данная технология охватывает практически все отрасли и позволяет получать высокоточные результаты, существенно сокращая затрачиваемое время.

Вначале, перед 3D-печатью, профессиональный дизайнер строит точную компьютерную модель для того, чтобы она по своей точности во много раз превосходила макет вычерченный на бумаге. До отправки в работу, задуманную деталь можно будет увидеть в объеме, рассмотреть со всех сторон и подкорректировать все неточности.

В мире оборудования для 3D-печати позиционируют как: настольные принтеры, настольные профессиональные, профессиональные, промышленные обособленные системы и промышленно производственные модули.

3D-технология состоит из: 3D-моделирования, 3D-сканирования и 3D-печати. Данные технологии были разработаны в 80х годах прошлого столетия, а свое развитие получили относительно недавно. Это связано с истечением срока действия оригинального патента. Для проработки технического задания для 3D-технологий необходимы следующие данные перечисленные ниже.

При 3D-моделировании, необходимы:

- наличие чертежей, визуализаций, эскизов;
- понимание габаритных размеров изделия;
- практическое применение изделия;
- материал изделия;
- методика производства изделия;
- желаемые сроки выполнения проекта.

При 3D-сканировании необходимы:

- наличие фотографий;
- знание габаритных размеров сканируемого объекта/ изделия;
- допуски по точности 3D-сканирования;
- дальнейшее назначение/ применение результата 3D-сканирования.

При 3D-печати необходимы:

- наличие 3D-модели изделия;
- допуски по прочностным характеристикам;
- допуски по точности печати;
- дальнейшее назначение прототипа.

Сейчас на рынке 3D-технологий имеются оборудования с различными характеристиками, в зависимости от необходимых функций, точности и внешнего вида конечного изделия. 3D-сканер Solutionix DS2 silver, произведенный Южной Кореей: предназначен для сканирования мелких объектов ( $\leq 100$  мм); точность сканирования 30 микрон; сканирует ювелирные изделия, стоматологические импланты, музейные



экспонаты. Есть оптический сканер, предназначенный для сканирования объектов не превышающих габарит 600 мм, точность – 15 микрон; используется для реверс-инжиниринга и контроля качества выпускаемой продукции (Solutionix CS2+).

В Канаде портативный оптический сканер GO!SCAN «Creaform» сканирует объекты размером  $\leq 5$  м, точность составляет 50 микрон. Возможности данного прибора позволяют проводить сканирование ценных предметов в историко-археологическом плане, для создания исходных материалов при подготовке визуализации объектов и копий элементов декора. HandySCAN700 лазерный сканер этой же компании более широкого применения, размер сканированного объекта до 10 метров, точность – 30 микрон.

Лазерный сканер Surphaser 25 HSX (США) предназначен для сканирования крупногабаритных объектов, с самым точным дальномером, охватывает от 10 до 50 м с погрешностью 500 микрон. Используется для замера помещений, сканирования зданий и сооружений, крупногабаритных транспортных средств.

3D-принтеры ProJet 660 компании 3D Systems (США) используются в производстве сувенирной продукции, макетированию, созданию физической визуализации будущего изделия, толщина гипсового (цветного) слоя печати композита 100 микрон. ProJet 3500 CPX – получают прототип с идеально гладкой поверхностью, готовой к отливке оригинального изделия из металла; толщина – 16 микрон; печать осуществляется воском. ProJet 3500 HD – печать фотополимером, используется для создания мастер модели для подготовки силиконовых форм для мелкосерийного производства. Поверхность получается также идеально гладкой, с толщиной слоя 16 микрон. ProJet 5000 HD – идентична по характеристикам предыдущему, только с большим рабочим полем камеры построения. 3D-принтер Prodways L5000 (Франция) – точность принтера и прочность материала позволяют использовать данное оборудование в более широком спектре, в зависимости от назначения произведенного прототипа. 3D-печать из фотополимерной смолы по SLA технологии, предлагает использовать широкий спектр материалов в зависимости от желаемых прочностных характеристик [12].

Рассмотрим применение 3D-технологий. Во-первых, в архитектуре, для создания архитектурных макетов, причем для этого требуется много расходного материала и, соответственно, он должен быть не дорогим, поэтому в качестве «чернил» используют гипс. Уже сейчас есть проекты печати уже не макетов, а самих домов при помощи больших 3D-принтеров.

Во-вторых, в разработке дизайна упаковки. Это важный этап для вывода продукта на рынок и поддержание его конкурентоспособности. Все больше компаний уделяют особое внимание деталям и тонкостям дизайна. Но прежде, чем вывести модель в серийное производство с ней нужно произвести ряд действий: визуальный анализ, анализ эргономики, фокус-групповое исследование и т.д. Мастер-модель может меняться несколько раз до того, как она будет направлена на отливку. В качестве материала изготовителя применяют как гипс, так и цветные пластики, в зависимости от необходимости цветной модели.

В третьих, для изготовления литейных форм из силикона – распространенная технология изготовления малых партий пластиковых изделий. Одна силиконовая форма выдерживает от 15 до 30 отливок. Для того, чтобы форма служила дольше, модели для данного метода литься должны быть гладкими с достаточно низкой детализацией. Основная задача мастер-модели – держать форму не допуская деформации, пока не остывает силикон. Фотополимеры и ABS-пластики полностью выполняют поставленную задачу.

В четвертых, для производства сувенирной продукции. Уже стало привычным

использование цветных 3D-принтеров для создания моделей для фокус-группового исследования или уникальных сувениров. Теперь легко получить полноцветный готовый экземпляр для исследований перед запуском его конвейер. Анализ прототипа, перед отправкой разработанной модели в серийное производства, достаточно важно. В качестве материала изготовления используется композит на гипсовой основе, который дополнительно обрабатывается для увеличения прочностных свойств готового прототипа,

В пятых, на современном этапе развития технологии быстрого прототипирования становится возможным использовать профессиональные 3D-принтеры для мелкосерийного производства.

В шестых, в медицине использование 3D-принтеров в некоторых ситуациях, становится единственным способом спасти человеческую жизнь. Например, воссоздав элементы скелета пациента для отработки приемов, необходимых для проведения успешной операции. Еще 3D-принтеры широко используются в стоматологии и протезировании. Цифровое производство коронок и протезов значительно быстрее классического производства,

В седьмых, для функционального тестирования. Использование 3D-принтеров для создания моделей для функционального тестирования – самый современный метод инновационных разработок. В некоторых случаях требуется получить будущий механизм в сборе, но произвести отдельные компоненты в единственном экземпляре слишком дорого или долго,

В восьмых, в производстве ювелирных украшений. Работа ювелира – особенно творческий и трудоемкий вид деятельности. При разработке украшений львиная доля времени уходит на создание восковой модели. К сожалению, эта процедура трудоемкая и отнимает колоссальное время. Современные технологии позволяют производить разработку дизайна украшения в специализированном программном обеспечении, а в последствии использовать ювелирный 3D-принтер для выращивания восковой модели украшения. И это далеко не полный список применения 3D-принтера, с каждым днем он становится шире.

#### Список источников

1. Сливотски, А. Миграция ценности. / А. Сливотски. – М.: Манн, Иванов, Фербер, 2006. – 175 с.
2. Шваб, К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. – М.: Эксмо, 2016. – 138 с.
3. Переработка пластика для 3D-печати, ПЭТ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orgprint.com/novosti/RecycleBot-prevraschaet-starye-butylki-v-polimernye-niti-dlja-3D-pechati>, свободный.
4. Сайт компании «Gartner» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gartner.com/>, свободный.
5. Гайнуллина, А. На волне хайпа: какие технологии будут спасать мир // Forbes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii/349271-na-volne-haypa-kakie-tehnologii-budut-spasat-mir>, свободный.
6. Степаненко, П. 3D-печать в медицине/ The chemical journal, №12, 2016. – С. 3, С. 22 -28, С.48.
7. Приглашает конгресс переработчиков пластмасс/ Пластикс, № 1-2 (164), 2017. – С. 13.
8. Упаковочная техника: новые поколения, новый подход к созданию, новые кадры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://article.unipack.ru/63531/>,

свободный.

9 Моделирование методом послойного наплавления (FDM) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://3dtoday.ru/wiki/FDM\\_print/](https://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/), свободный.

10 FDM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stratasys.ru/FDM.php>, свободный.

11 Побелянский, А.В. Применение аддитивных технологий термостойких пластиков в аэрокосмической отрасли/ А.В. Побелянский, А.И. Мустейкис, А.А. Галаджун. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.ddmiab.ru](http://www.ddmiab.ru), свободный.

12 Чадушкин, П. Практический опыт применения 3D-печати, моделирования и сканирования на примере центра быстрого прототипирования компании TWIZE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.twise.ru](http://www.twise.ru), свободный.