

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ШАГ ИЗ ФАНТАСТИКИ В СОВРЕМЕННОСТЬ

Пищугина А.Р.

*МБОУ БГО Борисоглебской средней общеобразовательной школы № 13, 10 класс*

*Научный руководитель: Рязанова Е.А., преподаватель МБОУ БГО Борисоглебской средней общеобразовательной школы № 13*

«Экономика приобретает инновационный характер вследствие инновационного развития в первую очередь сферы материального производства, в основе которого лежат технологии. Именно технологии определяют положение экономики страны в мире, ее стратегические позиции. Наличие технологий дает в руки ученому или конструктору мощные инструменты для реализации новых идей. Поэтому сами технологии являются главным объектом инновационной деятельности» [3].

Аддитивные технологии начали интенсивно развиваться со времени получения первых трехмерных изображений изделий на дисплеях компьютеров. Начало положила стереолитография, затем довольно многочисленные новые принципы стали называть технологиями быстрого прототипирования и, наконец, укоренилось название «Аддитивные технологии». Эти технологии принципиально изменили процессы проектирования и конструирования изделий, превратив их в процессы непрерывного создания изделий. Главное в том, что уже современные проектирование и производство изделий немислимо без аддитивных технологий, например, 3D-принтеры стали такими же привычными и распространенными, как персональные компьютеры. Уже сейчас с помощью стандартных 3D-принтеров получают ткани, обувь, продукты питания и даже выращивают живые человеческие органы [2].

Аддитивные технологии охватывают все новые сферы деятельности человека. Дизайнеры, архитекторы, археологи, палеонтологи и представители других профессий используют 3D-принтеры для реализации различных идей и проектов [3].

Целью нашей проектно-исследовательской работы является показать степень значимости аддитивных технологий в современной жизни человека и в качестве примера изготовить прототип ювелирного изделия.

Задачи исследования:

1) определить разницу в понятиях «аддитивные технологии» и «прототипирование»;

2) раскрыть значение аддитивных технологий в современной жизни человека;

3) показать особенности создания ювелирного изделия с помощью аддитивных технологий.

### Понятие «аддитивные технологии» и «прототипирование»

В основе аддитивных технологий лежит идея изготовления сложного изделия путем сложения, выращивания из материала, а не путем удаления лишнего материала при обработке. Такую перспективу развития промышленности производства в 1950-х гг. видел академик Л.Н. Кошкин. В начале 1990-х гг. по инициативе академика Е.П. Велихова в России (Курчатовский институт, ИПЛИТ РАН) начались работы по созданию систем цифрового аддитивного производства на основе лазерной стереолитографии (лазерная 3D печать). Сегодня в России созданы системы, позволяющие производить 3D изделия по любому типу входных данных (CAD модель, видеограмметрические данные из космоса, томографические данные).

Технология «трехмерной печати» начала активно развиваться в конце 80-х гг. XX в. «Пионером в этой области являлась компания 3D Systems, которая разработала первую коммерческую стереолитографическую машину – SLA – Stereolithography Apparatus (1986 г). До середины 90-х гг. она использовалась главным образом в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, связанной с оборонной промышленностью» [3].

Цифровые 3D-технологии открыли уникальные возможности воспроизведения сложнейших пространственных форм, объектов и инженерных конструкций, механизмов. Многие ученые отмечают: «экономическую эффективность 3D-технологии в ее качественной безальтернативности, безотходности и значительном снижении себестоимости при серийном и массовом производстве».

Сначала эти технологии назывались «технологиями быстрого прототипирования», однако в настоящее время этот термин не отражает в полной мере реальной сути технологии. Методами «быстрого прототипирования» сейчас изготавливаются вполне коммерческие, товарные «боевые» изделия, которые уже нельзя назвать прототипами –

имплантаты и эндопротезы, инструменты и литейные формы, детали самолетов и спутников и многое другое.

Аддитивные технологии (от английского Additive Fabrication) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или CAD-модели) методом послойного добавления (add, англ. – добавлять, отсюда и название) материала.

Модельные (строительные) материалы могут быть жидкими (фотополимерные смолы, воски и др.), сыпучими (пески, порошковые полимеры, металлопорошковые композиции), в виде тонких листов (полимерные пленки, листы бумаги и др.), а также в виде полимерной нити или металлической проволоки, расплавляемой непосредственно перед формированием слоя построения.

В интернет-сообществе, популярной научно-технической литературе и разговорной речи профессионалов встречаются сочетания слов «3D-печать», «3D-принтер» или «3D-принтинг», которые также можно принять в качестве синонимов. Быстрое прототипирование, рекомендовано изъять из обращения, поскольку прототипирование – это лишь часть аддитивных технологий, уже далеко не доминирующая.

«В международном сообществе, устоявшейся классификации аддитивных технологий пока не принято. Различные авторы подразделяют их:

- по применяемым строительным (модельным) материалам (жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т.д.);
- по наличию или отсутствию лазера;
- по методам подвода энергии для фиксации слоя построения (с помощью теплового воздействия, облучения ультрафиолетовым или видимым светом, посредством связующего состава и т.д.);
- по методам формирования слоя» [2].

Суть аддитивных технологий может быть проиллюстрирована простым примером: CAD-модель → AF-машина → деталь (рис. 1).

Особое внимание уделяется развитию технологий Direct Metal Fabrication – непосредственного выращивания из металла. Эту технологию рассматривают в качестве одной из стратегических технологий для освоения в первую очередь в аэрокосмической и оборонной отраслях.

«При использовании аддитивных технологий все стадии реализации проекта от идеи до материализации (в любом виде – в промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE-системе. Практически это означает реальный переход к «безбумажным» технологиям, когда для изготовления детали традиционной бумажной чертежной документации в принципе не требуется» [3].

Примером такой системы является программные разработки российской компании ТОП системы T-Flex: T-Flex 2D, T-Flex CAD, T-Flex DOC, T-Flex Технология и другие.

#### Значение аддитивных технологий в современной жизни

Проникновению аддитивных технологий практически во все сферы творческой деятельности человека способствует разработка новых материалов, усовершенствование софтов и развитие сервисной сети.

Интерес к аддитивным технологиям, «непосредственному выращиванию» металлических изделий, в качестве альтернативы традиционным технологическим методам для производства товарной продукции возник именно в авиации, космической индустрии и энергетическом машиностроении. Причем мотивацией здесь являлась экономическая целесообразность. Аддитивные технологии в ряде случаев (при объективных расчетах реальных затрат) оказываются менее дорогостоящими, чем традиционные технологии.

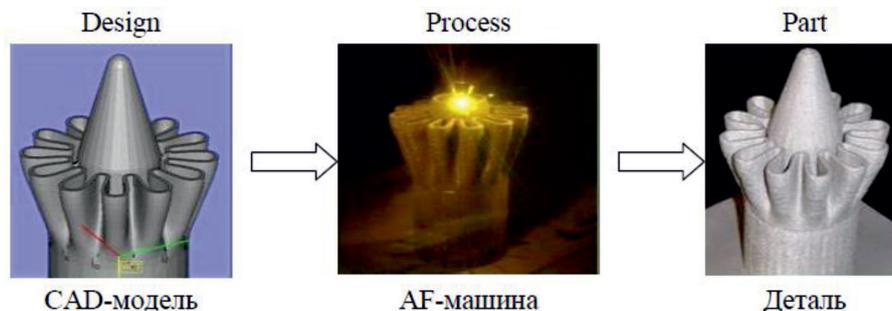


Рис. 1. Процесс аддитивные технологии

Развитию аддитивных технологий в авиационной промышленности, способствовало существенное расширение номенклатуры металлопорошковых материалов: 2000 г. – не более 5-6 наименований, 2012 г. – десятки видов разнообразных композиций от обычных конструкционных сталей до жаропрочных сплавов и драгоценных металлов, и этот перечень стремительно растет.

Одним из перспективных направлений применения аддитивных технологий является изготовление технологической оснастки – приспособлений и инструментов для серийного производства. В частности, изготовление вставок для термопласт-автоматов.

«Внедрение аддитивных технологий наиболее эффективно в таких отраслях промышленности, как авиация, судостроение, энергетическое машиностроение, а также дентальная медицина и восстановительная хирургия (рис. 2, 3). Например, российская компания *ОАО «НИИТ НТК»* провела работы по замене сварных топливных форсунок авиационного двигателя на «выращенные» из никелевого сплава *CL 100NB*. В результате значительно снижен процент брака, масса изделия уменьшена на 17%» [3].

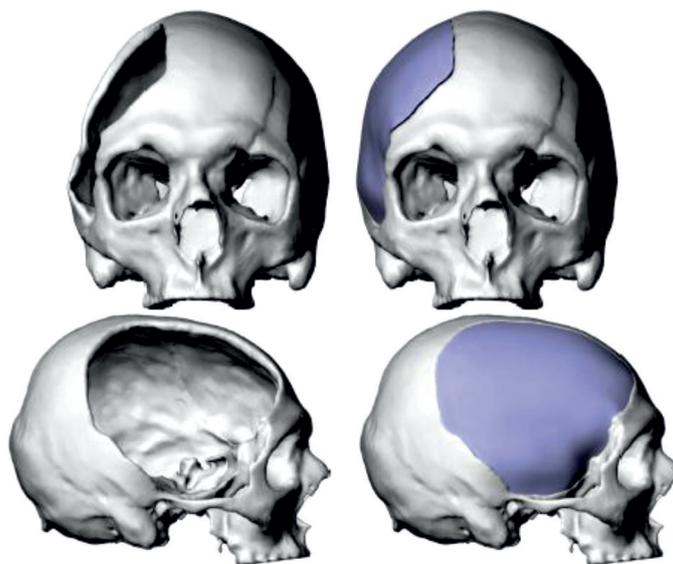
Очень широкие перспективы открываются для еще одной аддитивной технологии – технологии «струйной печати». Эта технология предполагает нанесение модельного материала или связующего состава с помощью струйных головок. Они

позволяют «выращивать» непосредственно литейные формы, т.е. «негатив» детали, и исключить стадии изготовления формовочной оснастки – мастер-модели и литейной модели. Практически все автомобильные компании мира обзавелись такими машинами. С их помощью стало возможным не в разы, а на порядок сократить время прохождения по критически важным для автостроителей позициям – литейным деталям: блоки и головки цилиндров двигателей, мосты и коробки передач, деталям, на изготовление которых в традиционном опытно-производстве тратились месяцы, а с учетом экспериментальной доводки и подготовки производства – многие месяцы. Теперь конструктор может увидеть свой новый двигатель на испытательном стенде не через полгода, а через две недели после завершения технического проекта.

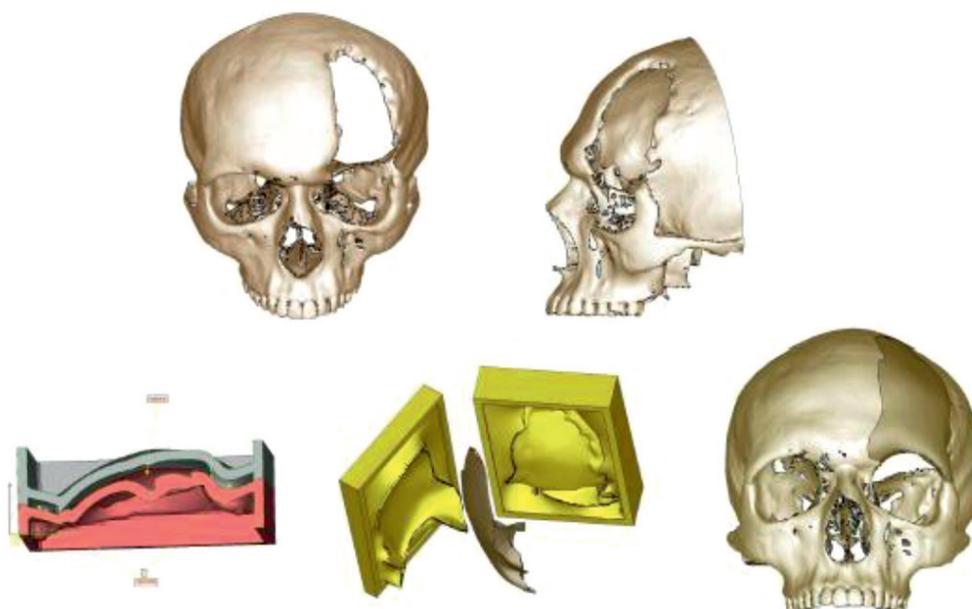
Сегодня в России существует множество компаний, оказывающих услуги по прототипированию. Дело в компаниях ограничивается оказанием достаточно простой услуги – изготовлением прототипа или модели тем или иным способом. Тогда как аддитивные технологии – это не только и не столько 3D-принтер, но важная часть 3D-среды, в которой происходит рождение нового продукта – от замысла конструктора до материализации его идей в серийном производстве. Среда, в которой новый продукт создается, «живет», эксплуатируется, ремонтируется вплоть до завершения «жизненного цикла» этого продукта (рис. 4).

**- CAD (computer-aided design)**

*Создание 3D-модели импланта на основе «симметричных» свойств формы черепа*



*Рис. 2. Компьютерные модели черепа и импланта [5]*

**CAD (computer-aided design) - CAM (computer-aided manufacture)***Создание 3D-модели импланта и пресс-формы импланта**Рис. 3. Компьютерные модели черепа и импланта [5]*

Поэтому для полноценного использования аддитивных технологий нужно: освоить 3D-проектирование и моделирование, САЕ-и САМ-технологии, технологии оцифровки и реинжиниринга, сопутствующие технологии, включая и вполне традиционные, но переформатированные под 3D-среду.

Существуют на рынке и крупные компании, обладающие оборудованием высокого уровня, которые, как правило, решают достаточно сложные производственные задачи и оказывают более широкий спектр полезных услуг, сопутствующих прототипированию, способных от начала до конца провести НИ-ОКР и проконтролировать качество работ на каждом этапе. К таким предприятиям можно отнести ФГУП «НАМИ», АБ «Универсал», НПО «Салют», ОАО «НИАТ» (Москва), УМПО (Уфа), НИИ «Машиностроительные Технологии», (СПбГПУ), ОАО «Тушинский машиностроительный завод» и ряд других.

Рынок аддитивных технологий в России развивается, но происходит это очень медленно, поскольку, чтобы вывести эти технологии на должный уровень, необходима поддержка государства. При должном внимании к внедрению аддитивных технологий они могут значительно повысить скорость реагирования на потребности рынка и экономическую эффективность многих отраслей промышленности [4].

В России ведущие предприятия авиационной, автомобильной промышленности, энергетики, Росатома и др. имеют опыт практического использования аддитивных технологий. По мнению ведущих мировых экспертов, аддитивные технологии являются стратегически значимыми, и именно с развитием аддитивных технологий связывают дальнейшее инновационное развитие машиностроения.

#### **Аддитивные технологии и быстрое прототипирование на примере ювелирной промышленности**

«Задача быстрого прототипирования, т.е. получение прототипа изделия в максимально короткие сроки, остается одной из основных задач практического применения аддитивных технологий. В данном случае понятие «прототип» довольно широкое. На этапе выполнения некоторой научно-исследовательской работы необходимо быстро получить прообраз изделия, на этом этапе важна отработка геометрии детали, оценка эргономических качеств, проверка собираемости и компоновочных решений. Поэтому «быстрое» изготовление детали по «обходной технологии» позволяет существенно сократить сроки разработки изделия. Под прототипом понимают и модель, иногда масштабную, предназначенную для испытаний» [4].

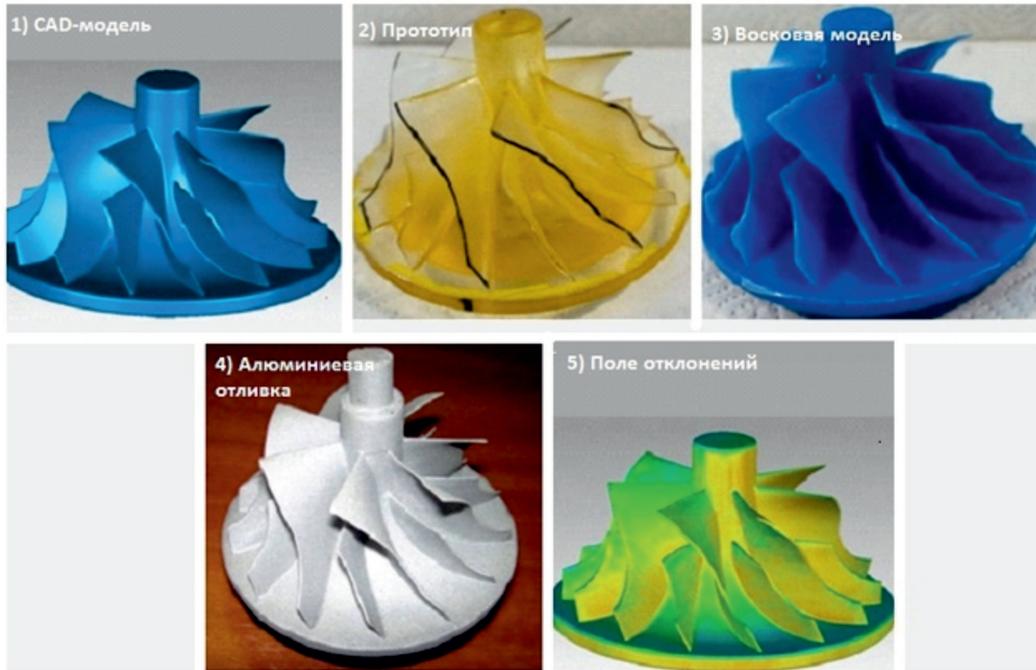


Рис. 4. Жизненный цикл нового изделия (ЗАО НПО «Турботехника»)

Большое количество прототипов строится как поисковые дизайнерские модели с различными нюансами в конфигурации, цветовой гамме раскраски и т.д. [3].

Современные 3D-принтеры используются не только в разных сферах промышленности, но в искусстве. Сегодня у мастеров и ювелиров появилась уникальная возможность увеличить скорость создания изделий. В то время, как большинство творческих личностей даже не знают о существовании ювелирного принтера, счастливые обладатели подобных устройств уже владеют распечатанными украшениями. Конечно же, пластмассовые украшения не имеют особой ценности, но с помощью такого принтера можно создать идеальную пресс-форму для отливки настоящих изделий. Многие мастера называют такие машины «растишками» из-за технологии создания восковок для отливок посредством метода наращивания.

Ювелирный 3D-принтер способен создать практически идеальный прототип, который можно будет многократно использовать в работе.

Несколько примеров ювелирных 3D-принтеров.

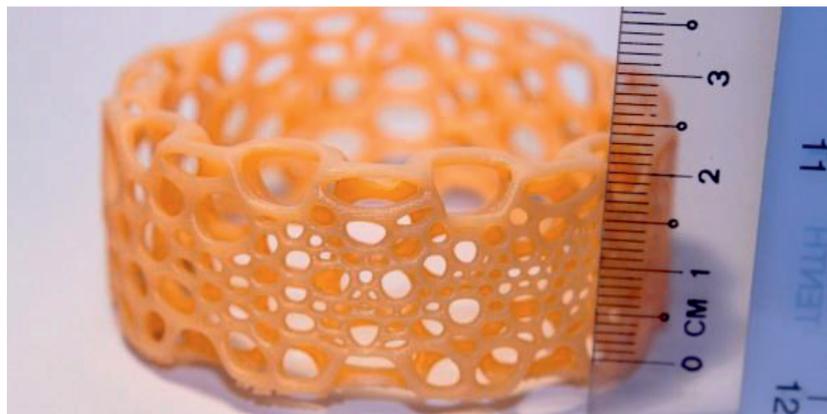
Устройство компании Solidscapе. Для того чтобы создать объект – необходимо загрузить трёхмерную модель при помощи программы, засыпать расходный материал

(например, ABS-пластик) в картридж, где пластмасса будет расплавлена до жидкого состояния. После этого он попадает на печатающий блок, который слой за слоем накладывает расходный материал. Специальная технология SCP позволяет печатать очень гладкие объекты.

Модели DigitalWax. Основным достоинством таких принтеров является их высокая скорость производства. Устройство отлично подходит для быстрого производства, а высокая скорость печати ни в коем случае не мешает качеству исполнения. Специальный лазер обрабатывает пластик, который очень быстро затвердевает. Послойное формирование трёхмерного объекта позволяет достичь исключительной детализации. Устройство DigitalWax способно печатать модели любой геометрической формы (рис. 5).

Принтеры компании Envisiontec Perfactory отлично подходят для ювелиров в силу того, что способны воспроизвести модель высокого качества за сравнительно небольшой промежуток времени.

Одним из таких принтеров является Perfactory Xeed, который представляет собой систему, предназначенную для прототипирования и производства моделей как большого, так и маленького размера. Как и все «растишки», Xeed способен распечатать модель быстро и без ущерба в плане качества (рис. 6).



*Рис. 5. Ювелирное изделие*



*Рис. 6. Ювелирное изделие и его прототип*

Принтеры для создания ювелирных изделий ещё не получили широкого распространения на просторах российского рынка. Однако в зарубежных странах мастера активно используют такие устройства и ювелирные 3D принтеры во много раз облегчают рабочий процесс. Благодаря продвинутому программному обеспечению и высокой точности печати, современные 3D принтеры способны воссоздать трёхмерный объект за короткий промежуток времени [1].

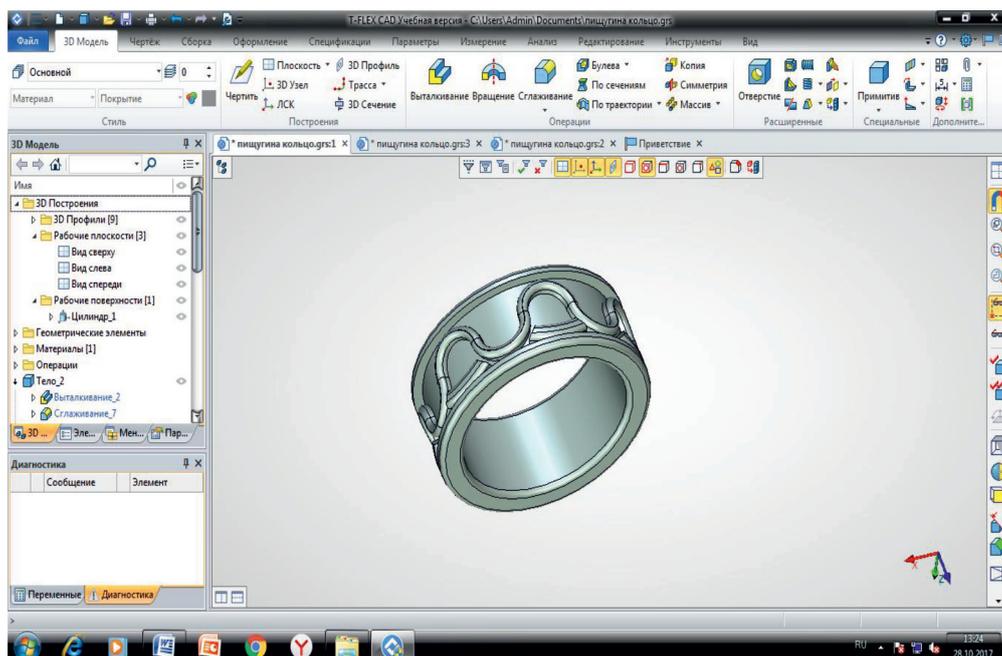
Нами разработана 3D модель ювелирного изделия «кольцо» с помощью программного обеспечения T-Flex CAD (приложение 1) и изготовлен прототип изделия (приложение 2).

#### **Заключение**

Аддитивные технологии с полным основанием относят к технологиям XXI в.

Кроме очевидных преимуществ в скорости и в стоимости изготовления изделий, эти технологии имеют важное достоинство с точки зрения охраны окружающей среды и, в частности, эмиссии парниковых газов и «теплого» загрязнения. Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции. И наконец, степень использования аддитивных технологий в материальном производстве является верным индикатором реальной индустриальной мощи государства, индикатором его инновационного развития.

«Залогом успешного освоения данных технологий является их цельность, т.е. соединение их самих в определенную технологическую цепочку, которую можно переформатировать в зависимости от конкретной решаемой задачи» [3].



3D модель ювелирного изделия «кольцо»



Прототип ювелирного изделия «кольцо»

**Список литературы**

1. Аддитивные технологии в ювелирной промышленности. – URL: <http://3dtoday.ru/blogs/news/additive-technology-in-the-jewelry-industry/>. Проверено: 19.10.2017.  
 2. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебн. пос. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.

3. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. – СПб.: Изд. политех. ун-та, 2013. – 126 с.  
 4. Казмирчук К., Довбыш В. Аддитивные технологии в российской промышленности // Конструктор. Машиностроитель. – URL: <https://konstruktor.net/podrobnee-det/additivnye-tehnologii-v-rossijskoj-promyshlennosti.html/>. Проверено: 21.10.2017.  
 5. Панченко В.Я. Медицинская Физика в современной биомедицине / Российский фонд фундаментальных исследований. – 2013. – С. 67.