

## ТЕХНОЛОГИИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Юхновец И. А, Агеев А. В.

Пискун Г.А. – канд. техн. наук, доцент

Обозначена важность применения аддитивных технологий в различных сферах деятельности, описано развитие технологии от прототипирования до возможности изготовления серийных изделий. Рассмотрены основные виды аддитивных технологий, дана краткая характеристика каждому из них. Проведен анализ рассмотренных технологий 3D моделирования, на основании которого выделены наиболее важные и популярные виды аддитивного производства

В настоящее время 3D печать, а именно так называют аддитивное производство, широко распространена во многих сферах деятельности человека. Ранее её называли технологией быстрого прототипирования, то есть создания промежуточных макетов, но уже сейчас данное выражение можно назвать некорректным. Сегодня данные технологии развились до такой степени, что позволяют создавать конечные серийные продукты и изделия. Аддитивными технологиями называют послойное наращивание и синтез объекта с помощью компьютерных 3D технологий.

Назначение получаемых трехмерных изделий может быть самое разное – от игрушек до медицинских протезов и военных изделий. Это обусловлено широкой номенклатурой материалов и технологий 3D моделирования. [1]

Важно понимать в какой сфере применять ту или иную технологию производства. Данные знания позволят получить качественное изделие. Дерево аддитивных технологий представлено на рисунке 1.

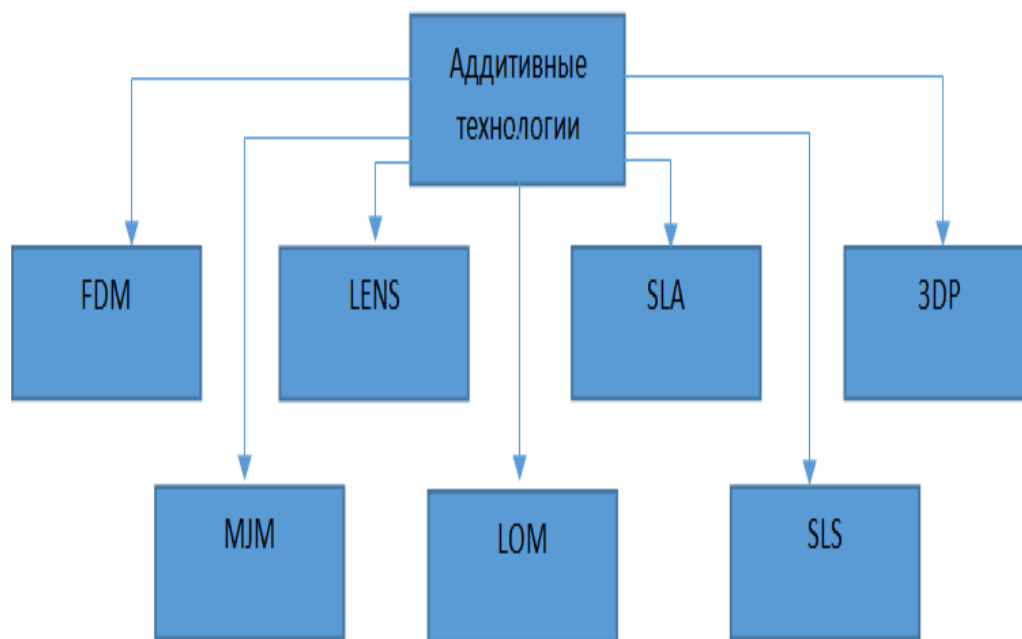


Рисунок 1 – Дерево аддитивных технологий

Подробно рассмотрим каждую из них:

– FDM (fused deposition modeling) – это самая популярная технология на данный момент. Агрегат будет выдавливать расплавленный материал через специальное сопло слой за слоем. Данная технология широко используется при изготовлении различных корпусов и деталей из пластика и резины, используется в кулинарии, а также в медицинском оборудовании. Среди используемых материалов числятся ABS, полифенилсульфон, поликарбонат и полиэфиримид. Эти материалы ценятся за термостойкость. Некоторые варианты полиэфиримида, в частности, обладают высокой огнеупорностью, что делает их пригодными для использования в аэрокосмической отрасли. [1] [5]

– MJM (Multi Jet Modeling), который подразумевает методику многоструйного моделирования. Процесс похож на обычный струйный из-за подачи материала через небольшие сопла (их может быть несколько сотен). После застывания предыдущего слоя и будет формироваться заданная трехмерная модель. Расходниками являются фотополимеры и пластик, подходит и специальный воск. [2]

– LENS (laser engineered net shaping) – метод при котором выдутый из сопла материал сразу попадает под фокус лазерного луча, что чревато мгновенным спеканием. Использование металлического порошка помогло в изготовлении объектов из стали и титана, что дало возможность эксплуатации 3D-принтеров в промышленности. Данная технология позволяет создавать детали сложной формы и из высокотехнологичных сплавов. Так, например, получают турбиновые титановые лопатки для турбин. [1]

– LOM (Laminated Object manufacturing) – тонкие и уже проламинированные листы вырезаются лазером, склеиваясь, спекаясь или спрессовываясь в трехмерный объект. Так можно изготавливать пластиковые, алюминиевые и бумажные 3D объекты. Несмотря на легкость исходного материала, бумажные модели получаются очень прочными, а их себестоимость очень мала. Данный метод хорошо подходит для прототипирования. Бумажные модели приближаются по физическим характеристикам к древесине, что позволяет проводить соответствующую механическую обработку. Разрешение печати несколько уступает таким высокоточным методам, как стереолитография (SLA) или выборочное лазерное спекание (SLS). [1]

– SLA (stereolithography) – метод заключающийся в полимеризации лазером жидкого полимера, находящегося в специальной ванне. После готовности одного из слоев платформа опускает деталь и начинается полимеризация следующего слоя. Часто полученную деталь дополнительно запекают в УФ духовках. Так же при работе данным методом необходима дополнительная механическая обработка. Существующая технология позволяет наносить слои толщиной 15 микрон, что в несколько раз меньше толщины человеческого волоса. Точность изготовления достаточно высока для применения в производстве прототипов стоматологических протезов и ювелирных изделий. Скорость печати относительно высока, если учитывать высокое разрешение подобных устройств: время построения одной модели может составлять лишь нескольких часов, но в итоге зависит от размера модели и количества лазерных головок, используемых устройством одновременно. [1] [4]

– SLS (Selective laser sintering) – схож с SLA методом, однако вместо фотополимера используется запекаемый лазером порошок. Данный метод позволяет создавать крайне высокотехнологичные изделия из стали, нейлона, бронзы, титана, керамики, стекла, литейного воска и других материалов. SLS метод используется для создания прототипов ювелирных изделий и иных сложных заданий. В сравнении с другими методами аддитивного производства, SLS отличается высокой универсальностью в плане выбора расходных материалов. Сюда входят различные полимеры (например, нейлон или полистирол), металлы и сплавы (сталь, титан, драгоценные металлы, кобальт-хромовые сплавы и др.), а также композиты и песчаные смеси [1] [3]

– 3DP (three dimensional printing) – метод заключается в нанесении на материал клея, за ним слоя свежего порошка. В результате получается похожий на гипс материал (sandstone). Если в этот клей добавить краску, то получатся цветные объекты. Технология безопасна для бытового и офисного использования. [2]

Из вышеперечисленных методов стоит обратить особое внимание на FDM-метод как самый распространенный, один из самых простых и доступных. FDM-метод чаще всего используется для прототипирования изделий, реже – для изготовления серийных образцов. Так же одним из передовых является SLS-метод. Данный метод позволяет изготавливать изделия из металлов, которые по прочности не будут уступать литым деталям. Метод LENS, как и SLS, является инновационным и позволяет выполнять ранее невозможные операции. [1]

Аддитивные технологии являются во многом передовыми, широко применяются в различных сферах деятельности. Правильная расстановка приоритетов при производстве в сочетании со знанием используемой для той или иной области применения технологии позволят использовать технику на все сто процентов, получать качественный результат.

#### **Список использованных источников:**

[1]. Классификация 3D принтеров (7 технологий 3D печати) [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/208906/>.

[2]. Технологии трехмерной печати [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tehnika.expert/cifrovaya/printer/3d-vidy.html#i-7>.

[3]. Выборочное лазерное спекание SLS [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://3dtoday.ru/wiki/SLS\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/SLS_print/).

[4]. Стереолитография SLA [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://3dtoday.ru/wiki/SLA\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/SLA_print/).

[5]. Моделирование методом послойного наплавления SLS [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://3dtoday.ru/wiki/FDM\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/)