

УДК 629.021

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ**

**ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE INTRODUCTION OF 3D
PRINTING TECHNOLOGY IN THE PRODUCTION OF PERSONAL
ELECTRIC VEHICLES**

С.Н. Янкевич, магистр-инженер, нач. НИО,

А.В. Романович, инж.,

С.М. Дядюк, зам. ген. директора по экономике и финансам
ОАО «Приборостроительный завод Оптрон», г. Минск, Беларусь
S. Yankevich, Master of Engineering sciences, the Head of the Research
Department, A. Romanovich, engineer,
S. Dyadyuk, Deputy General Director for Economics and Finance,
JSC « Instrument-Making Plant OPTRON», Minsk, Belarus

Цель данной статьи заключается в определении экономической целесообразности аддитивного производства и перспектив его использования в производстве. Выполнен анализ способов применения 3D-печати, его преимущества и барьеры использования. На основе выполненного экономического обоснования изготовления обода колеса персонального электрического транспортного средства наглядно представлен экономический эффект применения 3D-печати для легких персональных транспортных средств.

The purpose of this article is to determine the importance of additive manufacturing and the prospects for its use. The analysis of the methods of using 3D printing, its advantages and barriers to use. The analysis of the ways of using 3D-printing was performed, its advantages and barriers of use. On the basis of the economic feasibility study for the manufacture of the wheel rim of a personal electric vehicle, the economic effect of using 3D printing for light personal vehicles.

Ключевые слова: аддитивное производство, 3D-печать, прототипирование, аддитивные технологии

Key words: additive manufacturing, 3D printing, prototyping, additive technologies

ВВЕДЕНИЕ

3D-печать прошла долгий путь с момента ее разработки в 1980-х годах. Не смотря на то, что она возникла как инструмент для быстрого прототипирования в машиностроении и приборостроении, в настоящее время она развилась для охвата ряда различных отраслей.

Эволюция данной технологии привела к быстрому росту числа компаний, внедряющих ее. Приложения и варианты использования различаются в разных отраслях, но в целом включают вспомогательные средства, визуальные и функциональные прототипы - и даже конечные детали [1].

По мере увеличения потенциальных применений для 3D-печати компании начинают находить способы создания новых бизнес-моделей и возможностей с помощью этой технологии.

АДДИТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Обычные технологии производства способны производить широкий спектр форм и конструкций, но аддитивное производство (АП) выводит его на новый уровень.

Одним из главных преимуществ этой более современной технологии является широкий диапазон как внешних форм, так и внутреннего заполнения изделия. Проекты, которые не могут быть изготовлены как единое целое с использованием традиционных способов, могут быть выполнены с помощью АП [2]. Например, формы с полым центром могут быть изготовлены как единое целое без необходимости сварки или соединения отдельных компонентов вместе. Немаловажным преимуществом для почти 50 % предприятий Европы и США, у которых больше всего развито аддитивное производство, является возможность быстрого повторения и сокращение времени изготовления (рисунок 1). Используя АТ, дизайнерские перспективные идеи в виду их нетехнологичности ранее, могут быть реализованы.

В связи с широким внедрением персональных электрических транспортных средств (ПЭТС) в трафик современных городов остро становится вопрос оптимизации потребительских качеств вновь разрабатываемой техники с целью привлечения потенциальных покупателей. Этими качествами являются – удельные весовые характеристики, дизайн, прочностные характеристики.



Рисунок 1 – Основные преимущества использования 3D-печати

Наряду с динамическими характеристиками двигателя, вес персонального электрического транспорта является одним из наиболее важных факторов, которые необходимо учитывать при проектировании. Уменьшение веса может значительно снизить расход энергии и полезную нагрузку, тем самым увеличить запас хода.

Технология 3D-печати является идеальным решением для создания легких деталей, что приводит к значительной экономии энергии. В сочетании с такими инструментами оптимизации дизайна, как программное обеспечение для генеративного проектирования, потенциал увеличения сложности детали практически безграничен.

АТ относится к подрывным технологическим инновациям, так как они заменяют традиционные технологии обработки резанием, основанным на последовательном съеме стружки (принцип «вычитания») за несколько разнородных операций, например, токарная, фрезерная, сверлильная, протяжная, шлифовальная операции, начиная с черновой заготовки и заканчивая готовой деталью. На данном этапе преимущество аддитивных технологий заключается в отсутствии необходимости большой площади для требуемого оборудования, нет надобности перемещать предмет труда, что в свою очередь значительно снижает материалоемкость и потребляемую энергию, снижая время и затраты на переналадку оборудования и время конструкторско-технологической подготовки нового изделия.

Одной из проблем, с которой организация сталкивается, нужно ли инвестировать в 3D-печать, является наличие на рынке множества различных типов систем печати. Такие факторы, как стоимость, материалы, разрешение, размер детали и механические свойства, сильно различаются в зависимости от типа используемой машины.

3D-принтер предлагает недорогой способ изготовления небольших объемов деталей, которые можно использовать для проверки соответствия, формы и функционирования.

Для почти 50% предприятий контроль качества является главной проблемой при использовании 3D-принтеров. Для 33 % предприятий проблемой использования их является подготовка файла для печати, 26 % – котировки и поддержание принтеров в рабочем состоянии, 24 % – настройка 3D-принтера, 23 % – подготовка работников и др.

Барьером при внедрении 3D-печати в масштабе для предприятий является 70 % бюджет, почти 30 % наличие физического пространства, 10 % программное обеспечение, 16 % набор персонала с необходимой квалификацией [3].

Изготовление элемента ПЭТС можно выполнить путем штучного ручного производства, с использованием механической обработки на ЧПУ и используя аддитивные технологии – 3D-печать. Самым затратным способом является ручное из-за больших расходов на изготовление, связанное с затраченным временем, самым эффективным с экономической точки зрения является 3D-производство: меньше материала, изготовление детали любой формы и сложности, минимальное участие живого труда.

Для наглядного представления эффективности использования 3D-печати произведен расчет обода колеса (рисунок 2) персонального электрического транспортного средства из одного и того же материала (ABS пластик) двумя способами: 1-ый – классическим способ – путем фрезерно-токарной обработки на ЧПУ; 2-ой – использование аддитивных технологий, 3D-печать.



Рисунок 2 – Модель обод колеса и внутренняя структура колеса

Таблица 1 – Затраты на изготовление обода колеса ПЭТС

<i>3D-печать</i>	Виды затрат	<i>Фрезерно-токарная обработка</i>
9,32	Сырье и материалы, руб.	241,8
0,1	Расходы на спецодежду, руб.	10,5
4,2	Основная заработная плата, руб.	25,8
0,3	Дополнительная заработная плата, руб.	2,1
1,53	Отчисления в ФСЗН, руб.	9,5
0,03	Отчисления в Белгосстрах, руб.	0,17
6,3	Общепроизводственные расходы, руб.	38,7
21,68	Производственная себестоимость, руб.	328,57

Расходы на спецодежду включают амортизацию сопла на 3D-принтер и необходимого инструмента (державки, диски и сверла) для механической обработки. Отчисления в ФСЗН 34 % и в Белгосстрах 0,6 % от заработной платы (основная вместе с дополнительной). Общепроизводственные расходы – 150 % от основной заработной платы и включают в себя затраты на содержание, организацию и управление производствами (основным, вспомогательным, обслуживающим).

Для 3D-печати использовался ABS пластик в виде нити и заполнение происходило «сотами» (рисунок 2) для снижения расхода материала, следовательно и себестоимости, не ухудшая прочностных характеристик. При механической обработке применялась болванка со сплошным заполнением.

Время изготовления при использовании 3D-печати – 22 ч, при фрезерно-токарной обработке – 6 ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что, несмотря на барьеры, с которыми сталкиваются компании при внедрении аддитивных технологий, трудности при использовании 3D-принтеров, рост применения АП позволяет экономить время, а, следовательно, и деньги при создании прототипов. Расчет детали обода колеса ПЭТС продемонстрировал, что производственная себестоимость детали отличается в 15 раз. Благодаря автономности работы 3D-принтера, участие человека минимизируется, тем самым уменьшая затраты на выплату заработной платы. Аддитивные технологии позволяют значительно сократить использование количество материала при производстве, благодаря наслоению, а не срезания излишков. АТ являются предпочтительным вариантом при мелкосерийном производстве, при отсутствии больших площадей для размещения станков, при недостатке средств на дорогостоящее оборудование, а также при разноплановом штучном производстве. Тем самым представленные данные дают основание прогнозировать что использование аддитивных технологий является неизбежным и перспективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. What is 3D Printing?: [Электронный ресурс]. URL: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/> (дата доступа 03.03.2020).
2. Additive Manufacturing – a definition: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.spilasers.com/application-additive-manufacturing/additive-manufacturing-a-definition/> (дата доступа: 06.03.2020).
3. Louis Columbus. The State Of 3D Printing, 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2019/05/27/the-state-of-3d-printing-2019/#1f201dd546c2> (дата доступа 16.03.2020).
4. Mike Vasquez. Embracing 3D printing : [Электронный ресурс] // Mechanical Engineering Magazine - August 2015. Электрон. версия печат. публ. URL: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazine/select/article-pdf/137/08/42/6359439/me-2015-aug3.pdf> (дата доступа: 09.03.2020).

Представлено 20.05.2020