

---

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

УДК 338

**Е.С. Деменова**

магистр

**Е.С. Ерастова**

магистр

**В.В. Кокарева**

Старший преподаватель кафедры

"Технологий производства двигателей"

Самарский национальный исследовательский

университет им. С.П. Королёва

г. Самара, Россия

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В последние годы продолжается промышленная тенденция к энергоэффективности и снижению материалоемкости, что приводит к разработке новых производственных технологий [1]. Технологические инновации систематически меняют структуру рынка и механизмы создания ценности продукта. Механическая обработка с ЧПУ является субтрактивным процессом и характеризуется высокой точностью и относительно коротким временем производства. Основным ограничением данной технологии является доступность и перемещение режущего инструмента, и как следствие - сложность или невозможность обработки деталей сложной геометрии. Процесс литья широко применяется в массовом и серийном производстве, но при этом в деталях могут возникать литейные дефекты, которые влияют на качество получаемых деталей. Аддитивные технологии позволяют получить детали со сложными внутренними структурами и каналами. Однако ряд таких ограничений, как стоимость и свойства исходных материалов, длительность пост-обработки, качество и точность изготавливаемых деталей, препятствует их дальнейшему развитию. Аддитивные технологии являются драйвером развития производства, характеризующегося низкими объемами производства, персонализацией, сложными геометриями и оптимальным балансом между механическими свойствами деталей и весовыми параметрами [2].

При производстве большой номенклатуры деталей необходимо осуществить выбор оборудования и ресурсов с соответствующими характеристиками для различных деталей с соответствующими к ним требованиями. При планировании аддитивных технологий обычно решаются следующие задачи: оптимизация расположения детали на платформе построения, определение и моделирование поддержки, разбиение на слои, моделирование траектории сканирования. Отдел планирования аддитивного производства (АП) учитывает заказы с различными требованиями по времени производства, стоимости и качества, поэтому необходимо решать многокритериальную задачу, отвечая на вопросы: "Подходит ли деталь для изготовления методами АП?", "Какой технологией АП ее получить?". Задача планирования аддитивного произ-

водства делится на два уровня: микро-планирование и макро-планирование. К задачам макро-планирования относят: анализ технологичности, выбор технологического процесса АП, прогнозирование времени изготовления, стоимости и общего качества детали. К задачам микро-планирования относят: оптимизация ориентации, планирование рабочего пространства (моделирование на платформе построения), создание поддержки, разбивка на слои, моделирование траектории движения лазерного луча. Установки АП уже имеют встроенные инструменты микро-планирования, например программное обеспечение Magics, для макро-планирования необходимы отдельные алгоритмы организации адаптивной и саморегулирующейся системы управления на базе предсказательной модели реакции производственной системы на изменения в процессе.

Рассмотрим одну из технологий аддитивного производства - селективное лазерное сплавление (СЛС). Данная технология характеризуется отсутствием увеличения затрат при изготовлении небольших размеров партии деталей со сложными геометрическими формами по сравнению с традиционными производственными процессами (рисунок 1). Для традиционных технологий производства, таких как литье, стоимость зависит от размера партии. При увеличении размеров партий заготовок стоимость производства уменьшается из-за экономии "масштаба", так как общие затраты на литье зависят от фиксированных затрат (например, затраты на оснастку). Чем сложнее продукт, тем выше стоимость изготовления в традиционных производственных системах, поскольку возрастают дополнительные затраты на инструменты и оснастку. Для селективного лазерного сплавления в некоторых случаях затраты на производство могут даже уменьшаться из-за уменьшения объема деталей (веса) за счет оптимизации конструкции. С этой точки зрения, наиболее выгодным для производства методом селективного лазерного сплавления являются детали сложной конфигурацией и структурой. Также, выгодным с точки зрения экономии запасных частей (комплектующих), сокращения незавершенного производства и складов, является возможность изготавливать сборочные детали за один процесс печати.

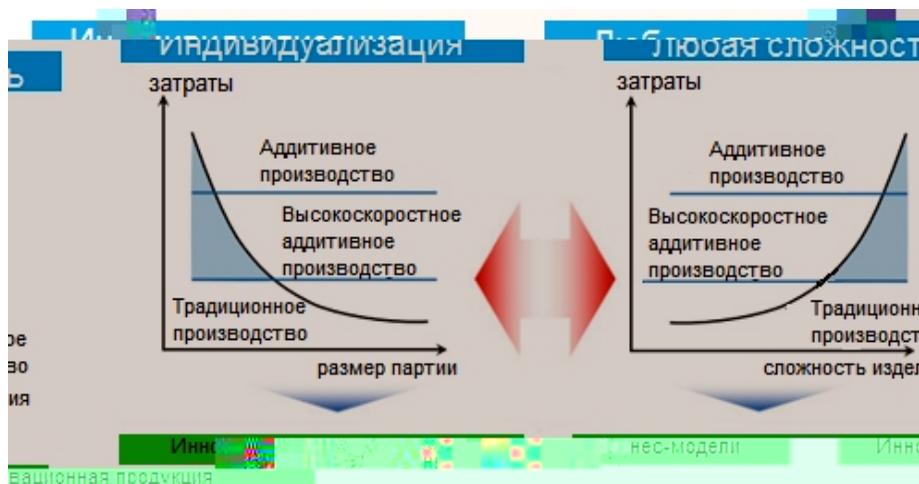


Рис. 1. Сравнение аддитивного и традиционного производств

Схема трансформации традиционного производственного процесса в "аддитивный" представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Трансформация традиционного производства в "аддитивное"

Аддитивные технологии поддерживают процесс индивидуализации. Кроме того, разработка нового изделия и выход на рынок происходит намного быстрее.

Многие предприятия по производству деталей двигателя, самолетостроения и ракетостроения пытаются внедрить данные технологии, поскольку они являются перспективными с точки зрения повышения ресурса, долговечности и надежности, а также являются экономически выгодными по сравнению с традиционными технологиями.

### Список литературы

1. C. Lindemann, U. Jahnke, M. Moi, R. Koch. Analyzing Product Lifecycle Costs for a Better Understanding of Cost Drivers in Additive Manufacturing / Conference: Solid Freeform Fabrication Symposium - An Additive Manufacturing Conference At: Austin, TX, USA Volume: 23th
2. Агаповичев А.В., Сотов А.В., Смелов В.Г. Исследование структуры и механических свойств изделий, полученных методом селективного лазерного сплавления из порошка стали 316 L / Черные металлы, 2017, № 9, С. 61-65.

© Е.С. Деменева, Е.С. Ерастова, В.В. Кокарева, 2018

УДК 33(2961)

Ц □ Ц □ 1