

27. Анализ аддитивных технологий в приборостроении гражданского направления

А. Р. Ахметов

АО «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики», Казань, Россия

В докладе рассмотрены производственные и юридические аспекты изготовления элементов оптических приборов, датчиков, дисплеев с использованием аддитивных технологий. Представлена схема производства получения товаров от идеи до поставки на примере развитых стран. Рассмотрены аддитивные технологии, имеющие достаточный уровень для решения задачи по расширению гражданской продукции в компаниях Ростех.

Ключевые слова: Оптические детали, Аддитивные технологии, 3D-печать, Гражданская продукция.

Цитирование: Ахметов, А. Р. Анализ аддитивных технологий в приборостроении гражданского направления / А. Р. Ахметов // HOLOEXPO 2020 : XVII международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — С. 166–170.

В настоящее время аддитивные технологии активно внедряются в разные сферы деятельности. Технология 3D-печати сейчас позволяет создавать очень сложные изделия из большого разнообразия материалов: пластика, металла, керамики, песчаника, бетона [1], смолы, биоматериала и пищевых веществ [2], не требуя при этом практически никакого переоснащения рабочего места. Эта гибкость обеспечивает беспрецедентный уровень индивидуализации, вплоть до того, что каждый печатный сектор может быть совершенно новым продуктом, то есть единственным в своем роде [3, 4].

Большой интерес к этой технологии связан с такими преимуществами, как:

- производственные линии (сборка) могут быть сокращены или даже могут исчезнуть для многих небольших производств;
- процесс регионализации — производство может располагаться близко к основным рынкам без необходимости транспортировки товаров на большие расстояния;
- радикально увеличится разнообразие продуктов, благодаря легкой коррекции их 3D-моделей;
- потребность в хранении запасов будет уменьшена, поскольку файлы дизайна могут быть мгновенно отправлены в любую точку мира и не требуют складских помещений;
- технология оказывает менее вредное воздействие на окружающую среду, поскольку подразумевает более чистый производственный процесс с меньшим количеством отходов, и это сокращает маршруты доставки товаров, что, в свою очередь, способствует снижению выбросов, возникающих в транспортном секторе;
- 3D-печать дает возможность производить больше продукции меньшим количеством работников, что резко повышает производительность труда.

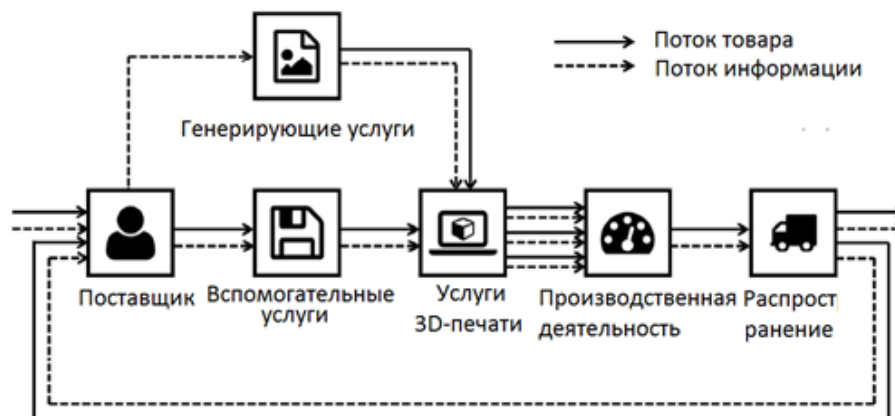


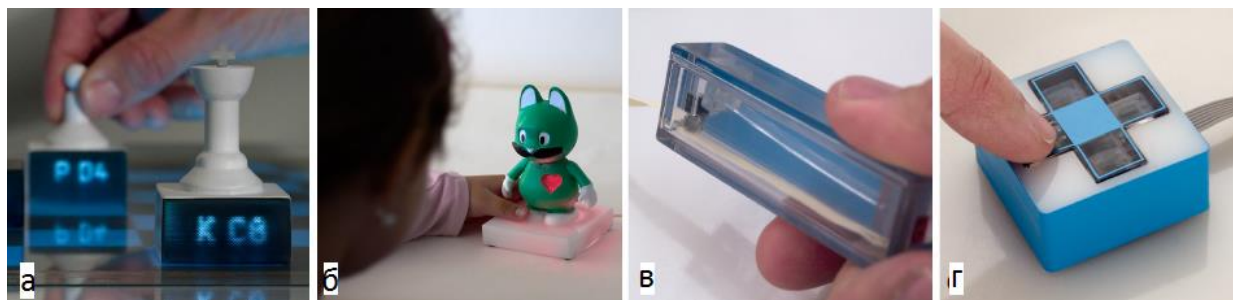
Рис. 1. Схема производства товара с аддитивными технологиями компаний в развитых странах [8]

Но для отраслей промышленности, где редко требуется настройка и/или стоимость является ключевым показателем эффективности, традиционные технологии производства будут продолжать доминировать [5]. Как отмечают Holweg [6] и Bogers [7], аддитивное производство вряд ли заменит традиционные производственные процессы, по крайней мере, в краткосрочной и среднесрочной перспективе, но вместо этого дополнит существующие производственные процессы, для расширения ассортимента продукции.

На рисунке 1 представлены основные этапы получения продукции по аддитивной технологии в развитых странах, таких как США, Германия, Япония [8]. Из рисунка видно, что в процессе производства от идеи до передачи товара могут участвовать 6 различных компаний, что делает эту технологию компактной и простой. Благодаря такому разделению, каждая компания занимается развитием своей отрасли и повышением квалификации своих работников на высоком уровне, делая свою часть работы максимально эффективно. Однако такое разделение не приемлемо в случае внедрения технологии в отечественных научно-производственных организациях, т. к. наличие промежуточных компаний на практике усложняет и удлиняет сам процесс производства и приводит к завышению цен, следовательно, достаточно трех компаний в участии производства товара такого типа: поставщик, производственная деятельность, совмещающая все остальные услуги, и распространение.

В европейских странах использование аддитивных технологий происходит разными способами. Например, немецкий производитель электроники Congrad начал эксперименты с зоной самообслуживания для 3D-печати в своем мюнхенском магазине [9]. Эта бизнес-модель дает клиентам возможность арендовать 3D-печатные машины и рабочие станции CAD, предоставляя им пространство для экспериментов. В более широком масштабе аренда целых машинных парков может стать привлекательным вариантом для компаний, заинтересованных в производстве небольших партий продукции [10].

Авторское право и юридические вопросы, связанные с 3D-печатной продукцией, создают серьезные проблемы, особенно если правительство решает эти юридические сложности в каждом отдельном случае в зависимости от страны [11]. Тем не менее, поскольку все больше



а — дисплеи, б — внутреннее освещение, в — датчик механических движений, г — кнопки управления

Рис 2. Приборы и элементы, изготовленные полностью с использованием аддитивных технологий

фирм и рынков начинают предлагать услуги 3D-печати, дальнейшее развитие в направлении универсальных стандартов, сертификаций и/или отраслевых руководящих принципов для аддитивного производства как услуги, безусловно, будет оправданным. Принятие 3D-печати постепенно набирает обороты. В течение следующего десятилетия и далее возрастающий спрос на услуги 3D-печати может послужить причиной перехода на серийное и массовое производство.

Хороший пример производства элементов прибора и оптических деталей с использованием аддитивной технологии показали разработчики из исследовательской компании «Дисней» под руководством Willis [12]. В статье представлены относительно сложные узлы приборов, сделанные на одном 3D-принтере: сенсор, дисплей, светоизлучающие элементы, кнопки управления (рисунок 2). Такой инновационный подход приведет к созданию быстрого, высокоточного, высоко настроенного интерактивного устройства. Оптические элементы традиционно были дорогими и непрактичными для производства. Разработчики пишут, что 3D печатные оптические элементы могут быть сконструированы и изготовлены буквально за считанные минуты за значительно меньшую стоимость, чем обычное производство, так же 3D печать позволяет создавать невозможные ранее формы.

В статье [12] описаны 4 категории получаемой техники для печатной оптики: световые трубки, внутреннее освещение, датчик механических движений, встроенные компоненты. Данные разработки доказывают, что на одном 3D-принтере можно сразу получить готовый прибор, делает процесс 3D-печати более эффективным и рентабельным.

Ранее было уже сказано, что аддитивные технологии используют разные материалы для создания изделий, поэтому для широкого понимания представлена обзорная таблица из статьи Lee [13].

Наличие аддитивных технологий эффективно и быстро помогло бы решить задачу, поставленную перед многими компаниями Ростех по расширению гражданской продукции к 2025 году, не ущемляя сектора, загруженные оборонными заказами. Из таблицы 1 следует, что большой выбор материалов для 3D-печати позволяет создавать широкий спектр продуктов гражданского назначения, например, датчики движения, датчик света, кнопки управления,

Табл. 1. Обзор последних разработок новых материалов для 3D-принтеров [13]

Категория	Сырье для 3D печати	Процесс по АСТМ	Применение
Цифровые и умные материалы	Полимеры с памятью формы	Фотополимеризация в ванне	Силовые приводы, датчики, ювелирные украшения, компоненты манипуляторов
Керамические материалы	УФ-отверждаемые мономеры	Фотополимеризация в ванне	Термостатические элементы
Электронные материалы	Чернила на основе наночастиц серебра		Тонкопленочные транзисторы, антенны излучения
	Электропроводящие полимеры	Струйная печать	Резисторы
	Квантовые точки		Светодиоды
Биоматериалы	Гидрогели Функциональные чернила	Экструзионная печать	
	Полилактид с техническим углеродом	Экструзионная печать	Датчики
Композитные материалы	VeroWhite Plus & angobBlack Plus	Струйная печать	Композиты, устойчивые к разрушению
	Наночастицы титаната бария с диакрилатом полиэтиленгликоля	Фотополимеризация в ванне	3D пьезоэлектрические полимеры

корпуса, термостатические элементы, материнские платы, дисплеи, манипуляторы. На данный момент в достаточно свободном доступе являются аддитивные технологии по категории биоматериалы и композитные материалы.

На примере отдела дифракционных решеток АО «НПО ГИПО» использование аддитивных технологий позволило бы решить следующие задачи:

- обеспечение доступными оправами дифракционных оптических элементов любой формы и размеров, в зависимости от рабочей зоны 3D-печати;
- снижение затрат на покупку импортных компонентов при построении оптических стендов и узлов;
- производство тары для продукции;
- модификация имеющихся приборов и стендов измерений для повышения качества и эргономичности;

Необходимо отметить, что при закрытии границ между странами, аддитивные технологии позволили бы удовлетворять спрос на многие детали. И, так как эта технология имеет достаточно свободный доступ, необходимо достаточно быстро внедрить ее в производство.

Список источников

- [1] Duballet, R. [Classification of building systems for concrete 3D printing](#) / R. Duballet, O. Baverel, J. Dirrenberger // Automation in Construction. — 2017. — Vol. 83. — P. 247–258R. — DOI: 10.1016/j.autcon.2017.08.018.

- [2] **Kim, H. W.** [Classification of the printability of selected food for 3D printing: Development of an assessment method using hydrocolloids as reference material](#) / H. W. Kim, H. J. Bae, H. J. Park // Journal of Food Engineerin. — 2017. — Vol. 215. — P. 23–32R. — DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.07.017.
- [3] **Petrick, I. J.** [3D Printing Disrupts Manufacturing: How Economies of One Create New Rules of Competition](#) / I. J. Petrick, T. W. Simpson // Research-Technology Management. — 2013. — Vol. 56. — №6. — P. 12–16. — DOI: 10.5437/08956308X5606193.
- [4] **Conner, B. P.** [Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services](#) / B. P. Conner, G. P. Manogharan, A. N. Martof, L. M. Rodomsky, C. M. Rodomsky, D. C. Jordan, J. W. Limperos // Additive Manufacturing. — 2014. — Vol. 1. — №4. — P. 64–76. — DOI: 10.1016/j.addma.2014.08.005.
- [5] 3D Printing comes of age in US industrial manufacturing / URL: www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/assets/pwc-next-manufacturing-3d-printing-comes-of-age.pdf (15.04.2020).
- [6] The Limits of 3D Printing / URL: hbr.org/2015/06/the-limits-of-3d-printing (15.04.2020).
- [7] **Bogers, M.** Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing / M. Bogers, R. Hadair, A. Bilberg // Technological Forecasting and Social Change. — 2016. — Vol. 102 — P. 225–239.
- [8] **Rogers, H.** [3D printing services: classification, supply chain implications and research agenda](#) / H. Rogers, N. Baricz, K. S. Pawar // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. — 2016. — Vol. 46. — P. 1–23. — DOI: 10.1108/IJPDLM-07-2016-0210.
- [9] Conrad Service: 3D-Printhub / URL: www.conrad.de/de/filialen/filialservice/3d-printhub.html (15.04.2020).
- [10] **Sasson, A.** [The 3D printing order: variability, supercenters and supply chain reconfigurations](#) / A. Sasson, J. Johnson // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. — 2016. — Vol. 46. — P. 82–94. — DOI: 10.1108/IJPDLM-10-2015-0257.
- [11] **Van den Berg, B.** 3D Printing: Legal, Philosophical and Economic Dimensions. — T. M. C. Asser Press, The Hague, 2016. — 212 p.
- [12] **Willis, K. D. D.** Printed Optics: 3D Printing of Embedded Optical Elements for Interactive Devices / K. D. D. Willis, E. Brockmeyer, S. E. Hudson, I. Poupyrev // UIST'12, October 7–10, 2012, Cambridge, Massachusetts, USA.
- [13] **Lee, J.-Y.** [Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials](#) / J.-Y. Lee, J. An, C. K. Chua // Applied Materials Today. — 2017. — Vol. 7 — P. 120–133. — DOI: 10.1016/j.apmt.2017.02.004.