

КЛАССИФИКАЦИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ*В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов***CLASSIFICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES AND ANALYSIS OF DIRECTIONS OF THEIR ECONOMIC USE***V. A. Dresvyannikov, E. P. Strakhov*

Аннотация. *Актуальность и цели.* Современная экономика характеризуется интенсивным внедрением радикальных инноваций практически во всех видах хозяйственной деятельности, что стимулирует значительные изменения в ее структуре, в отношениях субъектов рынка. Это относится и к аддитивным технологиям, которые являются подрывными технологическими инновациями. Для их эффективного освоения в промышленности прежде всего необходима разработка соответствующей теории, анализ особенностей и направлений использования, что и является целью данного исследования. *Материалы и методы.* Для достижения поставленной цели исследования применялись формально-логические методы, методы системно-структурного анализа и статистического анализа данных. *Результаты.* В представленной работе раскрыты назначение и особенности аддитивных технологий, выполнена их расширенная классификация посредством теоретических и статистических исследований. Исходя из этого разработана структура потенциальных возможностей, которые формируют направления экономического использования данной технологической инновации. На основе статистических данных проведен анализ приоритетов использования аддитивных технологий в мировой практике. *Выводы.* Аддитивные технологии являются межотраслевыми, так как их применение динамично распространяется по всей структуре экономики. Классификацию аддитивных технологий целесообразно осуществлять по двум основаниям – техническому и экономическому. Экономическая классификация служит базой для формирования механизмов взаимоотношений участников рынка аддитивных технологий и создания системы управления их внедрением и использованием. На рынке аддитивных технологий формируются два целевых кластера пользователей – «Промышленность» и «Увлечение». Сделан прогноз, что любительское направление использования аддитивных технологий может перерасти в ремесленничество, что приведет к существенной трансформации экономики.

Ключевые слова: технологические инновации, аддитивные технологии, классификация аддитивных технологий, экономическое использование аддитивных технологий.

Abstract. *Background.* The modern economy is characterized by intensive introduction of radical innovations practically in all kinds of economic activity that stimulates significant changes in its structure, in relations of subjects of the market. This also applies to additive technologies, which are subversive technological innovations. For their effective development in industry, first of all, it is necessary to develop an appropriate theory, analysis of peculiarities and directions of use, which is the purpose of this study. *Materials and methods.* In order to achieve the goal of the research the formally-logical methods, methods of system-structural analysis and statistical analysis of data were used. *Results.* The presented work presents the purpose and peculiarities of additive technologies and their extended classification by means of theoretical and statistical researches. Based on this, the structure of potential opportunities that form the directions of economic use of this techno-

logical innovation is developed. On the basis of statistical data the analysis of priorities of use of additive technologies in the world practice is carried out. *Conclusions.* Additive technologies are interdisciplinary, because their application is dynamically distributed throughout the structure of the economy. The classification of additive technologies should be carried out on two bases – technical and economic. Economic classification serves as a basis for formation of mechanisms of interaction of participants of market of additive technologies and creation of system of management of their introduction and use. In the market of additive technologies two target clusters of users are formed – «industry» and «hobby». The forecast is made that the amateur direction of use of additive technologies can develop into handicraft, that will lead to significant transformation of economy.

Key words: technological innovations, additive technologies, classification of additive technologies, economic use of additive technologies.

Введение

Передовые страны в последние десятилетия активно переходят от лабораторных экспериментов к промышленному освоению результатов научно-технической деятельности, большинство из которых носят радикальный характер и являются прорывными инновациями. Особенность такого периода – отсутствие разработанных теорий и методологии, позволяющих субъектам реального сектора экономики эффективно внедрять инновации. Актуальными являются технические теоретико-методологические разработки, позволяющие перейти от единичного производства изделий к серийному и массовому. Не менее актуальна разработка теории экономики и менеджмента в приложении к определенной инновации, что обеспечивает эффективность ее реализации. Изложенное относится и к такому виду технологических инноваций, как аддитивные технологии (АТ).

Назначение и особенности аддитивных технологий

Аддитивные технологии, которые носят и другие названия – 3D-печать (3D-print), аддитивное производство (Additive Manufacturing, AM), позволяют получать изделия различного потребительского назначения, степени сложности и точности послойным наращиванием (принцип «сложения») на автоматизированном технологическом оборудовании (3-D-принтер) в соответствии с компьютерной информационной моделью этого изделия (CAD-модель) под управлением технологических компьютерных программ (программ ЧПУ).

АТ относятся 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. Преимущество аддитивных технологий заключается в том, что при их использовании исключаются перемещения предмета труда, так как изделие полностью изготавливается на одном рабочем месте, значительно снижаются материалоемкость и потребляемая энергия, сокращаются подготовительно-заключительное время на переналадку оборудования и время конструкторско-технологической подготовки нового изделия, появляется возможность изготавливать изделия с повышенной конструктивной сложностью.

АТ первоначально использовались для прототипирования – создания моделей проектируемых изделий в машиностроении и приборостроении. По

мере улучшения их базовых характеристик – производительности, точности, материалоемкости – они стали использоваться для непосредственного изготовления изделий в указанных отраслях. Но сфера их применения постоянно расширяется – это строительство, пищевая промышленность, медицина, фармакология и пр. Поэтому их можно отнести к межотраслевым технологиям.

АТ по сути представляют новое технологическое явление, которое в настоящее время совершает революцию в промышленности и в скором времени значительно изменит экономику и общество в целом.

Классификация аддитивных технологий

При разработке теории нового явления осуществляется логическая операция дифференциации – разделения целого на его части по определенным признакам (основаниям). Это позволяет осмысливать и упорядочивать объект исследования, получать о нем новые знания.

В настоящее время, как указывают ряд российских ученых, в частности М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутьлина, устоявшаяся классификация аддитивных технологий отсутствует [1]. По нашему мнению, в классификации АТ можно выделить две группы: техническую и экономическую.

Техническая классификация является частью стандартизации и унификации в данной области.

Американское общество по материалам и их испытаниям (ASTM) еще в 2012 г. создала стандарт ASTM/ F2792 – 12a, в котором было дано понятие «аддитивные технологии», но быстрое их развитие в передовых странах потребовало пересмотра существующего стандарта и создание на его базе нового мирового стандарта, позволяющего объединить мировой опыт и создать единую терминологическую и классификационную базу. В 2015 г. ASTM совместно с Международной организацией по стандартизации (ISO) разработали международный стандарт ISO/ASTM 52900:2015. Новый стандарт, во-первых, заложил основу для мирового сотрудничества, во-вторых, АТ в нем рассматриваются как элементы производственного процесса, а не как теоретическая модель.

Стандарт ISO/ASTM 52900:2015 стал основой для первого Российского стандарта ГОСТ Р 57558–2017 «Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения», который вступил в силу с 1 декабря 2017 г. и содержит базовые технические понятия.

Техническая классификация осуществляется по следующим признакам:
А. Метод получения изделия.

Так ASTM F2792.1549323-1 (США) делит АТ на 7 категорий:

1. Material Extrusion – «выдавливание материала».
2. Material Jetting – «разбрызгивание материала», «струйные технологии».
3. Binder Jetting – «разбрызгивание связующего».
4. Sheet Lamination – «соединение листовых материалов».
5. Vat Photopolymerization – «фотополимеризация в ванне».
6. Powder Bed Fusion – «расплавление материала в заранее сформированном слое».
7. Directed energy deposition – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения» [2].

Аналогичная классификация реализована и в ГОСТ Р 57558–2017.

Б. Применяемые материалы.

Используемые материалы во многом определяют назначение и области использования АТ. Первоначально использовались фотополимерная смола и пластмасса. В настоящее время спектр применяемых материалов очень широк и постоянно увеличивается; сюда входят: фотополимерные смолы, пластмасса, металл, композиты, нейлон, фотополимеры, искусственный камень, песчаник, бетон, дерево, глина, пищевое сырье, лекарственные материалы, биоматериалы и др.

Структура используемых материалов представлена на рис. 1.

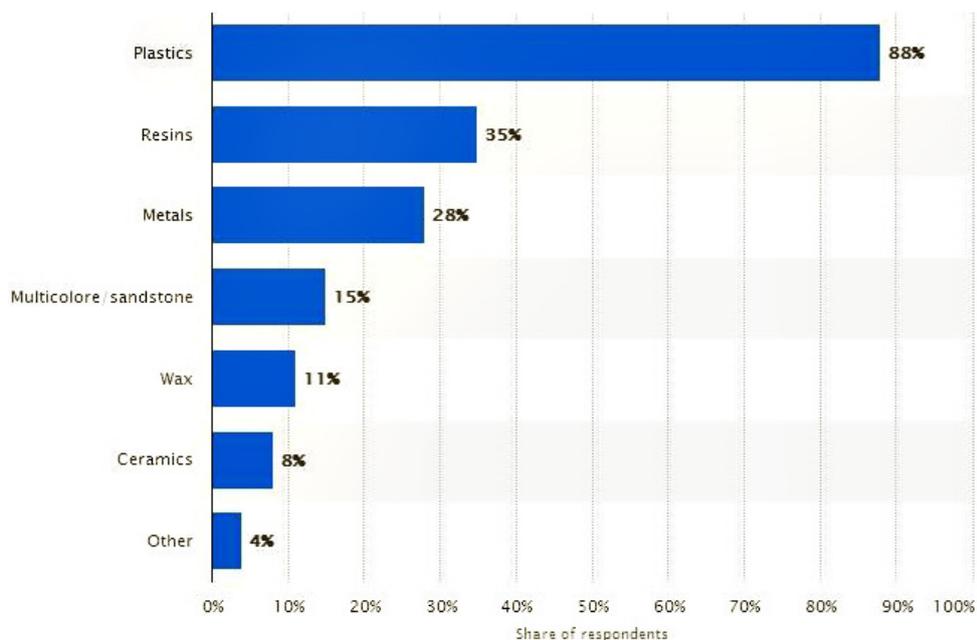


Рис. 1. Структура применяемых в АТ материалов [3]

На рис. 1 показано, что в 2017 г. структура используемых материалов такова: 88 % – пластмассы (plastics), 35 % – смолы (resins), 28 % – металлы (metals), 12 % – многоцветный песчаник (multicolor sandstone); 11 % – воск или воскообразные материалы (wax); 8 % – керамика (ceramics); 4 % – другие материалы.

В. Вид печати:

1. Лазерная печать:

- способ стереолитографии – облучение лазером фотополимера;
- способ сплавления – сплавление порошкообразной субстанции из металла или полимерного материала;
- способ ламинирования – специальная пленка склеивается слоями, а лазер вырезает контур нужной конфигурации.

2. Струйная печать:

- способ охлаждения материала на рабочей поверхности – охлаждение основы-платформы, на которую головка 3D-принтера наносит исходный материал;
- способ полимеризации фотополимера – под действием ультрафиолетового излучения от специальной лампы происходит застывание пластика;

– способ спекания порошкообразного сырья – этот вид печати похож на лазерный вариант, но фиксация слоев идет посредством склеивания особым составом, поступающим из головки принтера.

Существуют и другие технические подходы к классификации АТ-технологий, связанные с конструкцией 3D-принтера, методам формирования слоя и т.д., которые мы здесь не рассматриваем [3].

Что касается классификации сфер применения АТ в экономике, то здесь пока нет четкости. В качестве примера приведем структуру применения АТ, используемую в зарубежной статистике (рис. 2).

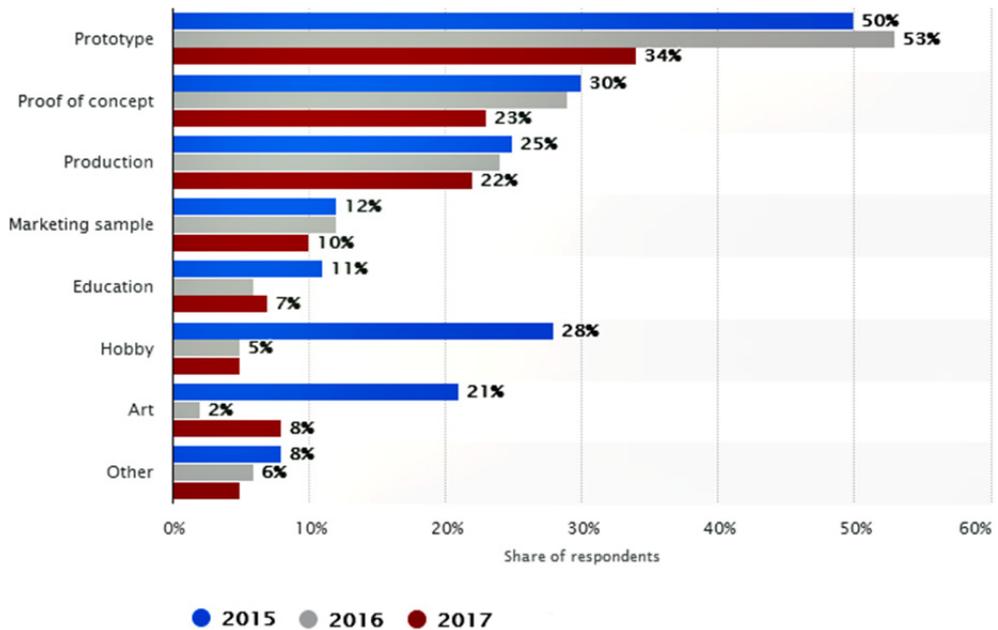


Рис. 2. Основные направления применения АТ в 2015–2017 г. [4]

Рассмотрим данные, представленные на рис. 2. Сферы применения АТ – это:

1. Создание прототипов (Prototype): 2015 г. – 50 %, 2016 г. – 53 %, 2017 г. – 34 %.
2. Экспериментирование, проверка гипотез (Proof of concept): 2015 г. – 30 %, 2016 г. – 29 %, 2017 г. – 23 %.
3. Производство изделий, промышленность (Production): 2015 г. – 25 %, 2016 г. – 24 %, 2017 г. – 22 %.
4. Образцы товаров в маркетинге (Marketing sample): 2015 г. – 12 %, 2016 г. – 12 %, 2017 г. – 10 %.
5. Образование (Education): 2015 г. – 11 %, 2016 г. – 6 %, 2017 г. – 7 %.
6. Хобби, увлечение (Hobby): 2015 г. – 28 %, 2016 г. – 5 %, 2017 г. – 5 %.
7. Искусство (Art): 2015 г. – 21 %, 2016 г. – 2 %, 2017 г. – 8 %.
8. Другие области применения (Other): 2015 г. – 8 %, 2016 г. – 6 %, 2017 г. – 8 %.

Создание прототипов в настоящее время остается доминирующим применением АТ-технологий, как и при их зарождении. Для того, чтобы АТ стали решающим научно-техническим фактором в экономике, они должны

найти широкое применение в промышленности для серийного производства изделий.

Сделаем другую группировку сфер применения, исходя из признака типа производства:

1. Серийное и крупносерийное промышленное производство изделий – в 2017 г. это составило 22 %.

2. Единичное (в том числе уникальные произведения искусства – Art) производство, в которое входят все остальные вышеуказанные сферы применения АТ соответственно, в 2017 г. – 88 %, т.е. единичное производство в 2017 г. в 4 раза превышает промышленное производство.

Исходя из цели использования АТ-технологии можно разделить на две группы:

1. Экономического, рыночного назначения – АТ, используемые для производства рыночной продукции в промышленности (Production) и искусстве (Art), изделий внутреннего производственного (операционного) и хозяйственного использования – создание прототипов (Prototype), экспериментальных образцов (Proof of concept), обучающих средств (Education), средств рекламы (Marketing sample).

2. Бытового назначения – АТ, используемые физическими лицами, домохозяйствами, неформальными группами лиц для хобби, развлечения, натурального производства – запчасти для бытовой техники, личного автомобиля, подарки близким людям и пр. (Hobby). Поскольку в данном случае важную роль играет ценовой фактор, то качество и производительность таких АТ невысоки.

Классификацию можно провести и по размеру принтеров:

1. Крупногабаритные 3D-принтеры, которые применяются в основном в промышленности, в отраслях машиностроения, авиа-, автомобилестроения, строительстве. Так, в 2013 г. китайская компания Nanfang Ventilator Co., Ltd создала 3D-принтер размерами: длина – 28 м, ширина – 23 м, высота – 9,5 м; рабочая зона – диаметр – 6 м, высота – 10 м.

2. Настольные 3D-принтеры, которые можно разделить на две группы:

– профессиональные – специализированы по видам хозяйственной деятельности и получаемым изделиям, обладают высоким качеством, производительностью и применяются, например, в ювелирном производстве, медицине, приборостроении;

– любительские (персональные) или бытового назначения в соответствии с классификацией по признаку «цель использования АТ»¹.

Кроме того, АТ экономического назначения и производимые ими изделия можно укрупненно классифицировать по видам хозяйственной деятельности²:

– Раздел С. Добыча полезных ископаемых.

– Раздел D. Обрабатывающие производства.

¹ В англоязычной литературе принято негласное терминологическое разделение 3D-принтеров на категории: термин 3D-printing обычно используют, когда речь идет о настольных, «любительских» принтерах; если же в тексте используется словосочетание Additive Manufacturing, то, как правило, имеются в виду «профессиональные» принтеры и технологии.

² Использован Общероссийский классификатор видов экономической деятельности ОК 029-2001 (ОКВЭД) (КДЕС. Ред. 1) // Система ГАРАНТ: URL: <http://base.garant.ru/185134/#ixzz4wd7JkSNQ>

- Подраздел DA. Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака.
- Подраздел DB. Текстильное и швейное производство.
- Подраздел DC. Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви.
- Подраздел DD. Обработка древесины и производство изделий из дерева.
- Подраздел DE. Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность.
- Подраздел DG. Химическое производство.
- Подраздел DH. Производство резиновых и пластмассовых изделий.
- Подраздел DI. Производство прочих неметаллических минеральных продуктов.
- Подраздел DJ. Metallургическое производство и производство готовых металлических изделий.
- Подраздел DK. Производство машин и оборудования.
- Подраздел DL. Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования.
- Подраздел DM. Производство транспортных средств и оборудования.
- Подраздел DN. Прочие производства.
- Производство мебели и прочей продукции, не включенной в другие группировки.
- Раздел F. Строительство.
- Раздел M. Образование.
- Раздел N. Здравоохранение и предоставление социальных услуг.

Из этого следует, спектр видов хозяйственной деятельности, охваченный АТ, является достаточно широким. Поясним, что использование АТ для добычи полезных ископаемых («Раздел С. Добыча полезных ископаемых») является перспективным проектом американской компании «Made In Space», которая планирует в рамках мегапроекта RAMA (Reconstituting Asteroids into Mechanical Automata) с помощью 3D-печати «модернизировать» астероиды и превратить их в поставщиков полезных ископаемых [5].

На рис. 3 представлен классификатор АТ в форме графа.

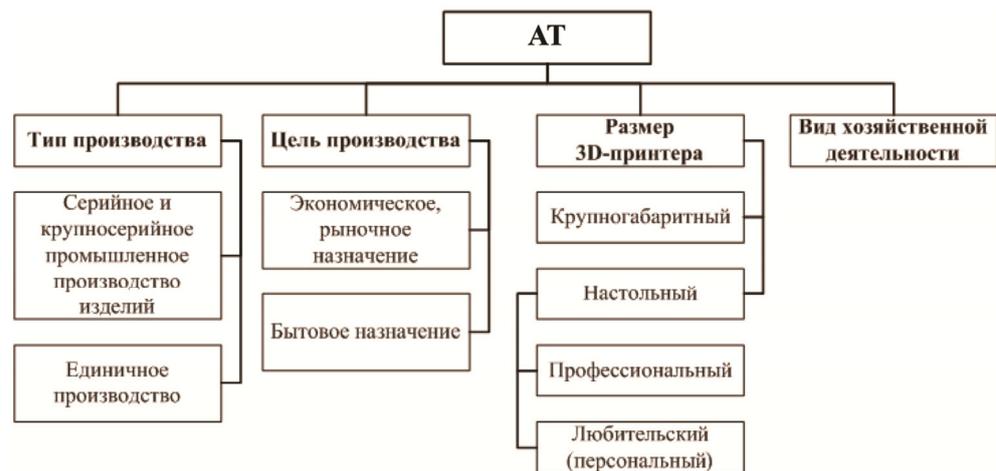


Рис. 3. Классификатор АТ-технологий (разработан авторами)

Представленная классификация не является строгой, так как отдельные группы образуют пересекающиеся множества (кластеры):

1. Кластер «Промышленность» – АТ изготовления изделий как товарного (рыночного), так и натурального (внутрипроизводственного) применения.

2. Кластер «Увлечение» – АТ изготовления изделий «для себя» – индивидуальное, бытовое, в качестве увлечения, хобби (рис. 4).



Рис. 4. Кластеры применения АТ (разработаны авторами)

Возможности и приоритеты применения аддитивных технологий

С экономической точки зрения важными являются ответы на вопросы: с какими целями, для чего приобретаются АТ, какие потребности они осуществляют, какую выгоду дают потребителям?

Прежде всего отметим, что АД предоставляют пользователям следующие возможности, которые можно разделить на группы:

1. Научно-технические (НИОКР):

- быстрого прототипирования и экспериментирования с различными материальными объектами в научно-исследовательской деятельности;
- моделирования новых изделий (продуктовых инноваций), их испытаний, создания широкой ассортиментной линейки.

2. Производственные:

- снижения сроков на конструкторско-технологическую подготовку изделия, внедрение его в производство и вывод на рынок;
- проектирования изделия практически любой пространственно сложной геометрии;
- внедрения бионического проектирования, основанного на природных аналогах, например, ячеистых и решетчатых структурах;
- изготовления за одну операцию на одном рабочем месте конструктивно сложных узлов и изделия как единую деталь, что обеспечивает снижение массы изделия, упрощение его ремонта и повышение надежности работы;
- полной автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства и технологического процесса изготовления изделия;

– уменьшения влияния «человеческого фактора» при производстве изделия;

– сокращения количества технологических операций и трудоемкости изготовления изделия за счет устранения транспортирования, промежуточного хранения, переналадки оборудования;

– сокращения затрат на проектирование и изготовление средств технологического оснащения;

– значительного увеличения коэффициента использования материалов, перехода к безотходному производству, обеспечения экологичности за счет уменьшения отходов и вредных выбросов в окружающую среду. Так, совместное исследование European Aeronautic Defense and Space Company (Бристоль, Великобритания) и EOS Innovation Center (Уорвик, Великобритания) показало, что экономия сырья при аддитивном производстве может достигать 75 % [6];

– гибкой перестройки производства на новое изделие.

3. Рыночные:

– изготовления изделия практически в местах их использования с оптимизацией транспортно-складской логистики;

– учет индивидуальных особенностей, потребностей и предпочтений потребителя (кастомизация): физиологических, социальных, психологических;

– включения потребителя в проектирование и производство продуктов, в которых он нуждается;

– активизация рынков, создание новых, в частности, рынков оборудования, материалов, программного обеспечения для 3D-печати;

– повышения эффективности рекламной деятельности.

4. Социальные:

– вовлечения молодежи в творческие процессы, в трудовую деятельность;

– создания продуктивной социальной среды и культуры, в частности, в сетевых социальных сообществах.

Статистические данные по приоритетам использования АТ за рубежом в кластере «Промышленность» в 2017 г. и в прогнозе на 2022 г. представлены на рис. 5.

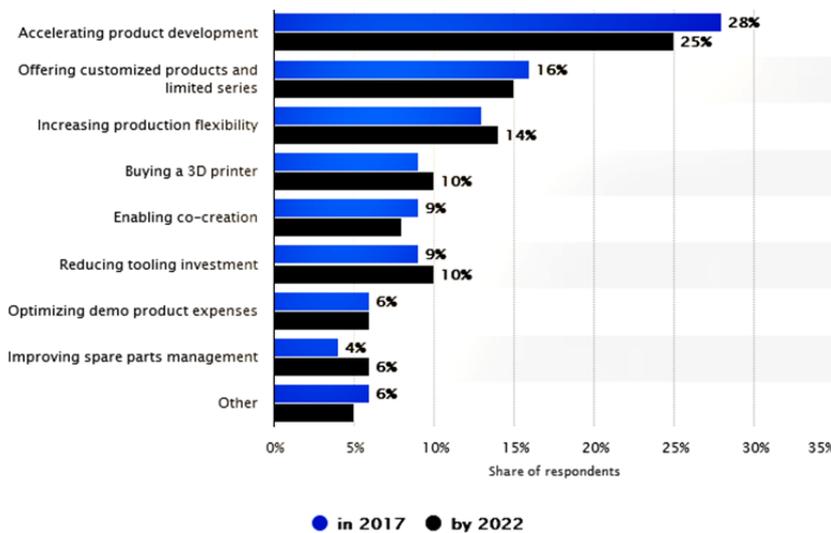


Рис. 5. Ключевые приоритеты использования АТ в мировой практике [7]

Приоритеты использования АТ распределяются следующим образом:

1. Ускорение развития продукта (*Accelerating product development*): 2017 г. – 28 %, 2022 г. – 25 %. Комментарий: приоритетом является снижение времени на разработку, освоение в производстве и коммерциализацию продукта фирмы, что позволяет снизить инновационный цикл.

2. Предложение потребителям индивидуализированных продуктов и мелкосерийное (ограниченными сериями) их производство (*Offering customized product and limited series*): 2017 г. – 16 %, 2022 г. – 15 %. Комментарий: цель использования АТ – это производство изделий с учетом индивидуальных потребностей потребителя (кастомизация) и ориентация на небольшие сегменты рынка (сфокусированная стратегия) с ограниченными объектами производства. Необходимо отметить, что кастомизация является важнейшим преимуществом АТ по сравнению с доминирующим при массовом производстве обобщенным подходом к потребителю на основе выделения потребностей сегментов рынка.

3. Повышение гибкости производства (*Increasing production flexibility*): 2017 г. – 13 %, 2022 г. – 14 %. Комментарий: возможности по быстрой смене изделий на производственном оборудовании (переналадка оборудования) с учетом производственных и рыночных потребностей являются важными конкурентными преимуществами фирмы. В 60–80-х гг. прошлого века они появились благодаря появлению оборудования с ЧПУ, однако АТ-технологии предоставляют в этом направлении еще большие возможности.

4. Покупка 3D-принтера (*Buying a 3D-printer*): 2017 г. – 9 %, 2022 г. – 10 %. Комментарий: можно предположить, что этот приоритет означает стремление фирмы быть передовой, но без осознания конкретных целей и выгод использования АТ.

5. Возможность сотворчества (*Enabling co-creation*): 2017 г. – 9 %, 2022 г. – 8 %. Комментарий: совместное творчество – одна из современных концепций менеджмента, означающая поиск практических способов совместной работы сотрудников организации, использование опыта каждого, непрерывного обучения и индивидуального совершенствования в обстановке продуктивной культуры и с учетом быстрой динамики изменений, неопределенности будущего.

6. Снижение затрат на инструменты (*Reducing tooling investment*): 2017 г. – 9 %, 2022 г. – 10 %. Комментарий: снижение затрат на инструменты обеспечивается отсутствием при 3D-печати средств технологического оснащения, необходимых при традиционных технологиях – это режущие и вспомогательные инструменты, приспособления для закрепления заготовки, различного вида энергетические устройства, например, пневмоприводы и т.д.

7. Оптимизация расходов на демонстрационные образцы (*Optimising demo product expenses*): 2017 г. – 9 %, 2022 г. – 10 %. Комментарий: данное преимущество использования АТ относится к маркетингу. При этом снижаются расходы на создание прототипа выпускаемого или планируемого к выпуску изделия, появляется возможность создавать демонстрационные образцы в различных модификациях.

8. Улучшение управления поставками запчастей для оборудования (*Improving spare parts management*): 2017 г. – 4 %, 2022 г. – 6 %. Комментарий: Адриан Бойер (Adrian Bowyer) инициировал проект RepRap – механизм,

который позволяет принтерам «самовоспроизводиться» – изготавливать детали своей конструкции, что позволяет в значительной степени решить проблему обеспечения запасными частями.

9. Другие приоритеты (*Other*): 2017 г. – 6 %, 2022 г. – 5 %. Отметим, что АТ имеют и другие преимущества, обуславливающие привлекательность их применения, в частности, как указывалось выше, с помощью 3D-печати можно изготавливать изделия там, где они будут использоваться. Такой подход может превратить принцип «доставка точно в срок» в принцип «изготовление точно в срок там, где это необходимо». По оценкам экспертов, такой принцип уже в ближайшем будущем позволит колоссально снизить затраты, связанные с доставкой нужных изделий. Особенно это актуально для пищевой промышленности в связи с проблемой порчи пищевого сырья при транспортировке и хранении. Кроме того, как известно, значительное количество произведенных товаров не продается и утилизируется в связи с тем, что имеет место несоответствие функциональных свойств товара, которые направлены на удовлетворение потребностей потребителя, с конкретным проявлением этих потребностей у индивидуума. АТ-технологии позволяют эту проблему решить. Преимуществом использования АД является также то, что на одном принтере можно изготавливать товары различного потребительского назначения, например, бытовые изделия и обувь.

Что касается целей приобретения 3D-принтеров кластера «Ремесло», то в настоящее время основные покупатели – физические лица – отвечают следующим критериям:

- молодой возраст;
- как правило, техническое образование или склонность к технике;
- наличие познавательных потребностей;
- возможность использования там, где есть другие интересы, например, в техническом моделировании, дизайне, конструировании новых изделий;
- психологические потребительские профили: «инноватор», «энтузиаст», «креативщик».

Производимая при этом продукция, как правило, несложна в изготовлении, обычно это какое-то цельное изделие без сборочных узлов:

- сувениры;
- небольшие произведения искусства;
- бытовые вещи: посуда, подставки, чехлы и пр.;
- запчасти к бытовой технике, автомобилям, мотоциклам;
- игрушки;
- модели-прототипы животных, техники, мульт- и киногероев, людей и пр.;
- мебель;
- световые приборы;
- упаковка, тара;
- садовые принадлежности.

Однако тенденция развития АТ такова, что настольные любительские принтеры по своим характеристикам приближаются к профессиональным, следовательно, становится возможным изготавливать в домашних условиях качественные и «подогнанные» индивидуально самые различные потребительские товары. Тем не менее, как и у любой инновации, у АТ возникает проблема неготовности потребителей использовать эту новую возможность. Так,

в 2015 г. в Великобритании был проведен опрос с единственным вопросом: «Насколько вероятно, что Вы будете использовать трехмерную печать товаров, если они имеются в магазине?» [8].

Ответы распределились следующим образом:

- очень вероятно, «да» – 4 %;
- вероятно, «да» – 15 %;
- «50 на 50» – 19 %;
- вероятно, «нет» – 16 %;
- очень вероятно, «нет» – 29 %;
- не знаю – 16 %.

Как видим, суммарно только 19 % потребителей готовы использовать 3D-печать для создания «домашней мастерской». Важнейшими причинами этого, по нашему мнению, являются:

- неразвитость технической (компьютерные программы, наладка и обслуживание принтеров), консультативной и обучающей, юридической, логистической, сетевой и других видов инфраструктуры;
- несформированные рынки и рыночные отношения;
- недостаточно эффективный маркетинг.

Следовательно, эти проблемы необходимо решать прежде всего на уровне науки с трансфером и последующей диффузией созданных знаний в практику.

Заключение

Развитие аддитивных технологий является постоянным трендом во всех передовых странах мира. По-нашему мнению, представленная классификация видов АТ и обзор направлений их использования в скором времени потребуют дополнения. В частности, происходит смыкание биотехнологий с АТ, что предоставляет пионерам в инновациях новые производственные и рыночные возможности.

Большие перспективы расширения использования АТ в представленном выше кластере «Увлечения». Промышленные производители канцелярской, бытовой, кухонной, мебельной, обувной и других видов продукции массового спроса должны рассматривать это экономическое явление как угрозу, так как создание «домашних мастерских» и развитие на их основе предпринимательского ремесленничества приведет к значительному уменьшению занимаемой крупными фирмами доли рынка.

Библиографический список

1. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2013. – 22 с.
2. ASTM F2792-12a (American Society for Testing and Materials).
3. Common 3D-printing materials 2017. – URL: <https://www.statista.com/statistics/560323/worldwide-survey-3d-printing-top-technologies/> (дата обращения: 25.10.17).
4. Leading uses of 3D printing between 2015 and 2017. – URL: <https://www.statista.com/statistics/560323/worldwide-survey-3d-printing-top-technologies/> (дата обращения: 25.10.17).
5. NASA попытается превратить астероиды в станции добычи ресурсов с помощью 3D-печати. – URL: <http://www.3dpulse.ru/news/kosmos/nasa-popytaetsya-prevratit->

asteroidy-v-stantsii-dobychi-resursov-s-pomoschyu-3d-pechati/ (дата обращения: 09.12.17).

6. Аддитивное производство: на пике завышенных ожиданий // Умное производство. – URL: http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=610&group_id_4=110 (дата обращения: 28.10.17).
7. Leading priorities related to 3D-printing worldwide, as of early 2017. – URL: <https://www.statista.com/statistics/559749/worldwide-survey-3d-printing-top-priorities/> (дата обращения: 25.10.17).
8. UK survey: likelihood of using 3D-printing of items in retail stores 2015. – URL: <https://www.statista.com/stats/3d-printing> (дата обращения: 25.10.17).

Дресвянников Владимир Александрович

доктор экономических наук, профессор,
кафедра менеджмента и экономической
безопасности,

Пензенский государственный
университет

(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: dva5508@yandex.ru

Dresvyannikov Vladimir Aleksandrovich

doctor of economic sciences, professor,
sub-department of management
and economic security,

Penza State University

(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Страхов Евгений Петрович

аспирант,

Пензенский государственный
университет

(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: gkarbat@mail.ru

Strakhov Evgeniy Petrovich

postgraduate student,

Penza State University

(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 338

Дресвянников, В. А.

Классификация аддитивных технологий и анализ направлений их экономического использования / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – № 2 (26). – С. 16–28.