

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №3, Том 10 / 2018, No 3, Vol 10 <https://esj.today/issue-3-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/51ECVN318.pdf>

Статья поступила в редакцию 02.06.2018; опубликована 24.07.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чаленко Я.Ю. Четвёртая промышленная революция начинается с 3D-принтинга // Вестник Евразийской науки, 2018 №3, <https://esj.today/PDF/51ECVN318.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Chalenko Ya.Yu. (2018). Fourth industrial revolution begins with 3D printing. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(10). Available at: <https://esj.today/PDF/51ECVN318.pdf> (in Russian)

УДК 33

Чаленко Ярослав Юрьевич

ФГБОУ ВО «Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации», Москва, Россия
Аспирант

E-mail: chalenko.yaroslav@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2885-0643>

Четвёртая промышленная революция начинается с 3D-принтинга

Аннотация. В статье рассматривается развитие отрасли 3D-принтинга, как драйвера экономических и технологических изменений в эпоху Четвёртой промышленной революции: подробно анализируются отрасль и преимущества для компаний, активно внедряющих 3D-принтинг в производство. Акцентировано внимание на состоянии мирового рынка 3D-принтинга, показаны его особенности и пути дальнейшего развития. Проведён сравнительный анализ 3D-принтинга в России: рассмотрены тенденции отрасли, предложены рекомендации по улучшению позиций отечественных компаний на мировой арене.

Ключевые слова: 3D-принтер; рынок 3D-печати; Четвёртая промышленная революция; Промышленная революция 4.0; аддитивное производство; потребитель; транзакционные затраты

Функционирование отрасли 3D-принтинга

Многие экономисты, представители науки и бизнеса отмечают, что мы переживаем или переживём в перспективе нескольких лет удивительное и масштабное событие, которое называется Четвёртая промышленная революция. Она окажет воздействие на многие стороны жизни человечества: экономику, политику, социальное устройство, культуру, искусство. Экспертами прогнозируется, что 3D-принтинг будет одним из трендов общества Четвёртой промышленной революции.

Для начала определим, что такое 3D-принтер, и чем он отличается от всех тех инструментов производства, которые были до него. 3D-принтер – это инструмент аддитивного производства. Аддитивное производство – это тип производства, при котором конечное целое изделие создаётся из материала послойно в течение одной итерации. Напомним, что при классическом (субтрактивном) производстве материал подвергается физической обработке на разных стадиях производства (точение, пиление, фрезерование и т. д.) и только в конце цикла части изделия соединяются в одно целое.

Можно поверхностно утверждать, что с экономической точки зрения 3D-принтер – это средство производства и он сравним с обычным молотком. Но разница заключается в том, что, используя только молоток, почти невозможно получить изделие с высокой добавленной стоимостью. В случае с 3D-принтером это возможно. Именно в этом заключается его первое фундаментальное отличие от предыдущих средств производства. При этом следует понимать, что 3D-принтер – это не «мини-завод», штампующий продукцию для масс-маркета. 3D-принтер – это тот инструмент, который возможно перенастроить и кастомизировать за считанные минуты и это его второе фундаментальное отличие от предыдущих средств производства. В эпоху Четвёртой промышленной революции становится выгодно производить штучные изделия для конкретного потребителя. Массовое производство потребительских товаров уйдёт в прошлое? Ответ на этот вопрос требует времени.

Для того чтобы определить, как работает отрасль 3D-принтинга, необходимо выделить рынки, которые задействованы в формировании добавленной стоимости:

1. Рынок материалов для печати на 3D-принтере. На сегодняшний день основными материалами являются: пластики с различными свойствами, фотополимерные смолы и металл.
2. Рынок производства 3D-принтеров и оборудования для 3D-печати.
3. Рынок компьютерных 3D-моделей, промышленного дизайна и инжиниринга.
4. Рынок компаний-производителей 3D-печати.
5. Рынок компаний-потребителей 3D-печати.

Рынки отрасли 3D-принтинга довольно фрагментированы: они способствуют развитию различных компаний, но при этом открыты для новых игроков.

Надо отметить, что традиционная цепочка добавленной стоимости существует не всегда и не всегда выгодно, чтобы она существовала, тем более в глобальном масштабе. Давайте разберёмся почему. Как должна функционировать отрасль при условии нормальной цепочки добавленной стоимости? Компании-потребители продуктов 3D-печати, обращаются к компаниям-производителям 3D-печати, те в свою очередь запрашивают у подрядчиков компьютерные 3D-модели, промышленный дизайн и необходимое сырьё для печати. В итоге создается конечный продукт 3D-печати, который передаётся заказчику. По объективным причинам в реальности процесс выглядит иначе. Заказчику экономически целесообразно произвести или купить свой собственный 3D-принтер – экономия расходов на НИОКР, производстве 3D-принтера, вводе его в эксплуатацию и обучении персонала.

Именно здесь вспоминается, что 3D-принтинг – это отрасль Четвёртой промышленной революции, и она должна функционировать по другим законам. Новые нормальности ещё 1980 году обозначил Элвин Тоффлер в своей книге «Третья волна». Он говорил о таком явлении, как появление «протребителя» – термин, в котором соединились «производитель» и «потребитель» в одном лице. Другими словами, потребителю становится выгодно быть одновременно и производителем товаров, услуг. При этом возникает тенденция, описанная в книге Рональда Коуза «Природа фирмы». Она заключается в том, что благодаря появлению Интернета транзакционные затраты, по причине которых и возникают фирмы, стремительно снижаются. Другими словами, это означает, что потребитель может спокойно существовать, как независимый экономический актор.

Сегодня, благодаря Интернету, без значительных финансовых затрат на абсолютно легальных источниках можно ознакомиться с чертежами оборудования и инструкциями к нему, с советами экспертов и практиков. Это ускоряет тенденцию и 3D-принтинг становится массово доступен. Не зная иностранного языка в совершенстве, ИНКОТЕРМС и других принципов ВЭД

можно купить принтер или комплектующие к нему в Интернете по всему миру. Подытоживая: конечному потребителю стало выгодно собирать или покупать свой собственный 3D-принтер, кастомизированный и настроенный под нужды именно той компании, которой он необходим. Цифры подтверждают новые явления в экономике: в течении прошедшего десятилетия цены на станки и средства производства упали в 125 раз – с 125 000 долл. до 1000 долл. за штуку.

При этом их производительность и качество не только не уменьшилось, но постоянно развивается и совершенствуется.

Возвращаясь к теме добавленной стоимости, в новых условиях глобальные взаимосвязанные цепочки в 3D-принтинге становятся дорогими, долгими по времени и часто неэффективными. Действительно, зачем искать партнёров по всему миру, тратить деньги, время на коммуникацию и логистику, когда все этапы производства можно довольно дешево и быстро развернуть в своей компании.

В США наблюдается ещё одна тенденция, которая может очень сильно повлиять на то, что мы понимаем под цепочками добавленной стоимости. В конце XX века в связи с бурным развитием розничной торговли получили распространение так называемые points of sales (POS) – точки продаж в магазинах. Однако сегодня американская компания Blue Dragon развивает points of manufacturing (POF) – точки производства в магазинах. Она устанавливает 3D-принтеры и 3D-сканеры в магазинах, торгующих обувью на заказ, для того, чтобы изготавливать её на месте, учитывая особенности каждого покупателя. Это доказательство тесного взаимодействия производства и потребления.

Особенности мирового рынка 3D-принтеров

В современных условиях необходимо понимать особенности рынка 3D-принтеров, как мирового, так и российского. При этом важно отличать два сегмента рынка, которые различны между собой. Это сегмент профессиональных 3D-принтеров и сегмент настольных (полупрофессиональных, потребительских) 3D-принтеров.

Первые используются в промышленном производстве ведущими мировыми компаниями. Они могут печатать из металла, различных высокотехнологичных пластиков, цемента. Например, компания Boeing использует такие 3D-принтеры при производстве лопастей турбин супердвигателя GE-90X для своего нового самолёта Boeing 777X. Оцениваются подобные 3D-принтеры в 1 млн. рублей и выше. Не смотря на высокую стоимость 3D-оборудования, экономия на затратах при использовании новых технологий позволяет компании удешевлять конечную продукцию.

Второй сегмент – это настольные (полупрофессиональные, потребительские) 3D-принтеры. Они получили своё развитие в середине первого десятилетия XXI века благодаря движению RepRap, которое собрало активных инженеров, программистов и моделеров. Сообщество решило, что знания о том, как собрать 3D-принтер должны быть доступны каждому. Поэтому все свои идеи, чертежи, программы они выкладывали в Интернет в свободный доступ. Ещё одной значимой причиной развития сегмента настольных 3D-принтеров является окончание срока действия патентов ведущих промышленных производителей, датированных 80-90 гг. XX века.

3D-принтер настольный не означает, что качество печати низкое. Конечно, оно уступает профессиональным аналогам, но при этом позволяет создавать конкурентоспособную продукцию в малом (микро-) бизнесе. Например, в сувенирном производстве, быстром прототипировании, медицине. Некоторые модели настольных 3D-принтеров оцениваются в 200-300 тыс. рублей. Наряду с ними на рынке присутствуют китайские аналоги по 20 тыс.

рублей. Стоит признать, что настольный 3D-принтер не сможет напечатать лопасти двигателей самолёта, но после незначительной технической доработки будет не заменим для дизайнера или макетчика.

Два вышеописанных сегмента рынка находятся в абсолютно разных точках кривой цикла зрелости технологий по версии Gartner Group (Gartner technology hype cycle). Если профессиональные 3D-принтеры находятся в стадии активного освоения бизнесом, то настольные принтеры переживают спад преждевременно завышенных ожиданий от применения в домашних условиях, и им ещё предстоит сформироваться в полноценный рыночный сегмент.

Если анализировать количественные показатели, то в 2016 году мировой рынок 3D-принтеров рос стабильно на 14 % в год: преобладают настольные 3D-принтеры, занимая порядка 95 % производства (в шт.) и являются драйвером рынка с годовым приростом в 15 %. При этом интересен тот факт, что их покупают не индивидуальные пользователи, а в основном небольшие компании. В сегменте профессиональных принтеров наблюдается спад 15 %. Это объясняется тем, что сегмент корректируется, отсеивая наименее перспективные технологии.

При этом структура рынка в профессиональном и настольном сегменте различна. Наблюдается ситуация олигополии в сегменте профессиональных 3D-принтеров, где больше 50 % рынка принадлежит трём игрокам. Это компании: Stratasys (36 %), EOS (16 %), 3D Systems (13 %) – они развиваются на рынке, начиная 1990-х годов и обладают рядом стратегических преимуществ, которые позволяют сохранять лидерство в отрасли. Они используют собственные научно-технические центры для дорогостоящих исследований в области 3D-печати, которые недоступны небольшим игрокам.

Примечательно, что такая крупная компания, как General Electric, купила в 2016 году двух производителей металлических 3D-принтеров – SLM Solutions и Arcam AB, входящих в Top 5 индустрии. Кроме того, General Electric планирует не только использовать их для своих нужд, но и заявить о себе на рынке 3D-оборудования. Этот факт говорит о больших перспективах и о серьёзном потенциале сегмента профессиональных 3D-принтеров в будущем.

В мировом сегменте настольных 3D-принтеров ситуация совсем иная. Здесь можно выделить явного лидера компанию XYZprinting, владеющую 19 % рынка, при этом доли других игроков заметно меньше и между собой отличаются немного – Ultimaker (9 %), M3D (8 %), Flashforge (6 %), Stratasys/Makerbot (4 %). Стоит заметить, что в данном сегменте играют значительную роль региональные особенности местных рынков: например, доступность технического обслуживания и необходимого сырья для печати, возможность обучения на родном языке работе с 3D-принтерами.

Основным трендом на мировом рынке 3D-принтеров сегодня является осознание того, что с их помощью можно создавать не только опытные образцы будущих изделий, но и готовую продукцию, даже в таких сложных отраслях, как машиностроение. При чём качество, прочность и другие технические характеристики будут не хуже, а в некоторых случаях даже лучше аналогов, произведённых традиционными способами.

На сегодняшний день основными мировыми регионами, инвестирующими в 3D-принтеры, являются Северная Америка (39 %), Азия (29 %) и Европа (28 %). При этом наибольший интерес заметен в развитых странах, в тоже время Китай активно инвестирует как в собственное производство 3D-принтеров, так и в более высокотехнологичные западные образцы.

Кроме того, мировое производство 3D-принтеров стабильно растёт на протяжении нескольких лет. При этом все специалисты на рынке утверждают, что данный тренд будет заметен до 2020 года. Так, например, компания Gartner, лидер в области исследований

информационных технологий, утверждает, что в 2015 году мировое производство 3D-принтеров было 219 168 шт., и увеличилось больше чем в два раза в 2016 году, составив 455 772 шт. По прогнозам Gartner в 2020 году будет произведено 6,7 миллионов 3D-принтеров. При этом основным импортёром является Северная Америка, которая закупила в 2015 году чуть более 87 000 шт., а в 2016 году нарастила импорт до 182 000 шт. Далее почти с равным количеством импорта следуют Азия и Европа. Азиатские страны закупили в 2015 году 63 500 шт. 3D-принтеров, а в 2016 году уже 133 000 шт. При этом Европа отстаёт совсем немного, импортировав в 2015 году 61 000 шт. 3D-принтеров, а в 2016 году 127 500 шт.

Особенности российского рынка 3D-принтеров

Что же происходит на российском рынке 3D-принтеров? Какие сегменты на нём развиваются?

Необходимо сразу сказать, что на данный момент какой-то агрегированной статистики по рынку 3D-принтеров в нашей стране не существует. Есть только данные и цифры, публикуемые отечественными компаниями, но в большинстве случаев они нерелевантные и освещают ту или иную компанию в выгодном для неё свете.

Представители российских компаний аддитивных технологий сходятся во мнении, что в настоящий момент рынок 3D-принтеров в нашей стране стагнирует. При чём причины в сегментах профессиональных и настольных принтеров различны.

Как было уже сказано выше, 3D-оборудование профессионального сегмента довольно дорогое. В условиях кризиса в России и сжимающегося внутреннего спроса немногие компании могут позволить себе закупать качественную импортную технику. Стоит констатировать, что отечественных производителей профессиональных 3D-принтеров с полностью готовой для рынка продукцией в настоящий момент немного. На выставке ИННОПРОМ 2016 в Екатеринбурге был представлен первый российский 3D-принтер для печати металлических изделий. Это совместная разработка ГК «Росатом» и Уральского федерального университета (УрФУ). На форуме была очень заметна и выделяется компания 3DSLА – Российские 3D-принтеры, базирующаяся в Санкт-Петербурге. Она развивает не только производство металлических и фотополимерных принтеров, но и активно экспериментирует с созданием отечественного сырья для печати. Стоит отметить с оптимизмом, что такой подход обеспечит компании конкурентное преимущество в будущем и может являться примером для других российских производителей. На рынке России есть интересные проекты по разработке 3D-принтеров для печати жилых домов из цемента. Например, компания «Спецавиа», которая тестирует свои наработки в Ярославле. Или компания «3D Concrete house printer», основанная россиянином, но в настоящий момент базирующаяся в США. Подытоживая: если сравнить с мировым рынком, то в сегменте профессиональных 3D-принтеров российским компаниям есть, куда диверсифицироваться.

В сегменте настольных 3D-принтеров проблемы внутреннего рынка связаны с насыщением. За время первоначального роста появилось много российских компаний, предлагающих отечественные 3D-принтеры. Например, на популярном интернет ресурсе 3D ToDay, посвящённом 3D-печати, зарегистрировано более 30-ти компаний из России. Существует консолидированное мнение производителей 3D-продукции, что качество принтеров невысокое.

Значительную часть сегмента занимают несколько компаний. Остальные вынуждены конкурировать между собой и с иностранными партнёрами. При этом наблюдается следующее: чтобы увеличить продажи, отечественные компании пытаются максимально снизить цену на 3D-принтер, уходя в убыток или наоборот повышают её, и продажи останавливаются. Оба

варианта экономически не эффективны и отражают негативные процессы в сегменте настольных 3D-принтеров. Позитивным моментом можно считать масштабное проникновение настольных 3D-принтеров в российские учебные заведения. Эта политика поддерживается и субсидируется государством.

Рекомендации по активизации развития рынка 3D-принтеров в России

Для успешной конкуренции с иностранными игроками на мировой арене 3D-принтеров российским компаниям необходимо принять меры по активизации своей деятельности.

Во-первых, следует ускорить разработку технологий в области профессиональных промышленных 3D-принтеров. Будущее развитие машиностроения будет стимулироваться именно этим направлением. Здесь должны проявить себя не только государственные компании, но и частные. А также российские ВУЗы, на научной базе которых можно развернуть исследовательскую деятельность.

Во-вторых, необходимо создать условия для экспорта российских настольных 3D-принтеров. Это поможет компаниям выйти за рамки внутреннего рынка и обеспечит стабильный спрос на отечественное 3D-оборудование. Здесь главную роль должно сыграть государство, обеспечив выгодные условия российским компаниям.

В-третьих, необходимо вести широкую деятельность по информированию общественности о возможностях и недостатках 3D-принтеров и всей отрасли в целом. Такая кампания даст возможность оценить бизнесу реальные выгоды и перспективы 3D-принтинга в России и за рубежом, а также создать условия для развития инновационного производства в нашей стране.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канесса Э., Фодна К., Зеннаро М. Доступная 3D-печать. Для науки, образования, устойчивого развития. – М.: Международный центр теоретической физики Абдус Салам – МЦТФ, 2013.
2. Серяков С.Г. Микроэкономика: курс лекций. – М.: Всероссийская Академия Внешней Торговли, 2010.
3. Тоффлер Э. Третья волна. – М.: АСТ, 2010.
4. Токарев Б.Е., Токарев Р.Б. Анализ технологий рынка 3D печати: два года спустя. // Наукоедение. [Электронный ресурс]. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/28EVN116.pdf> (дата обращения: 12.04.2018).
5. Гайсина И. Кто и как зарабатывает на 3D-печати в России. [Электронный ресурс]. URL: http://www.rbc.ru/own_business/07/12/2016/5847e7329a7947210f58ed19 (дата обращения: 12.04.2018).
6. Галкин С. Промышленная революция 4.0. [Электронный ресурс]. URL: <https://reed.media/ir4/> (дата обращения: 12.04.2018).
7. Грос Д. Чем вызвана стагнация мировой торговли. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rbc.ru/newspaper/2016/10/10/57f7b3999a7947fb8d30bb6a> (дата обращения: 12.04.2018).
8. Иноземцев В. О чем говорит мировая экономическая статистика. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rbc.ru/opinions/economics/19/10/2016/580740d79a7947a964abda81> (дата обращения: 12.04.2018).
9. Комиссаров А. О том, как не опоздать к новой смене индустриальной парадигмы. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2015/10/14/612719-promishlennaya-revolyuksiya> (дата обращения: 12.04.2018).
10. Курышев Е. Рынок 3D-принтеров в мире и в России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.it-weekly.ru/it-news/tech/105306.html> (дата обращения: 12.04.2018).
11. Мануков С. В Давосе объявлено о Четвертой промышленной революции. [Электронный ресурс]. URL: <http://expert.ru/2016/01/21/chetvertaya-promyishlennaya-revolyuksiya/> (дата обращения: 12.04.2018).
12. Mark'O Bruni. Лампа Аладдина. Отечественные производители 3D, DIE another day. [Электронный ресурс]. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/mark-o-bruni/after-all-every-day-you-can-take-a-wrong-turn/> (дата обращения: 12.04.2018).
13. Никитин А. Из цифры возгорится пламя. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2912212> (дата обращения: 12.04.2018).
14. Перемитин Г. По кому ударит новый кризис. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rbc.ru/newspaper/2016/09/23/57e3aa909a794729f961803b> (дата обращения: 12.04.2018).
15. Руденко А. StroyBot – принтер для печати домов. [Электронный ресурс]. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/andreyr/stroybot-printer-for-printing-houses/> (дата обращения: 12.04.2018).
16. Фам Т. Гигант хайтека. // Популярная механика, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/249992-samyu-bolshoy-aviatsionnyu-dvigatel-v-mire-samyu-krasivye-snimki-avgusta/> (дата обращения: 12.04.2018).

17. Бионический (генеративный) дизайн и аддитивное производство. [Электронный ресурс]. URL: http://3d.globatek.ru/world3d/generative_design/ (дата обращения: 12.04.2018).
18. Мировой рынок 3D-принтеров вырос на 35 % в 2015 году. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.3dpulse.ru/news/analitika/mirovoi-rynok-3d-printerov-vyros-na-35-v-2015-godu/> (дата обращения: 12.04.2018).
19. На выставке ИННОПРОМ-2016 представлен первый отечественный 3D-принтер для металлических изделий разработки ЦНИИТМАШ. [Электронный ресурс]. URL: http://цниитмаш.рф/?attachment_id=6255 (дата обращения: 12.04.2018).
20. На Урале завершилось строительство 3D-печатной дозорной башни из «Игры престолов». [Электронный ресурс]. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/in-the-urals-has-completed-the-construction-of-a-3dprinted-lookout-tow/> (дата обращения: 12.04.2018).
21. На выставке «Иннопром-2016» представлен первый отечественный 3D-принтер для печати металлами. [Электронный ресурс]. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/at-the-exhibition-innoprom-2016-presents-the-first-domestic-3d-printer/> (дата обращения: 12.04.2018).
22. УрФУ заключил соглашения о совместном развитии аддитивных технологий с китайскими партнерами. [Электронный ресурс]. URL: <http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/urfu-has-entered-into-agreements-on-the-joint-development-of-additive-/> (дата обращения: 12.04.2018).
23. 3D-печать: производство готовых деталей на смену прототипированию [Электронный ресурс]. URL: <http://3d.globatek.ru/blog/3d-pechat-proizvodstvo-gotovyx-detalej-na-smenu-prototipirovaniyu/> (дата обращения: 12.04.2018).
24. Anderson C., In the Next Industrial Revolution, Atoms Are the New Bits. [Электронный ресурс]. URL: https://www.wired.com/2010/01/ff_newrevolution/ (дата обращения: 12.04.2018).
25. Markillie P., A third industrial revolution. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.economist.com/node/21552901/> (дата обращения: 12.04.2018).
26. Report – CONTEXTQ2_16 total Market Findings. [Электронный ресурс]. URL: https://www.contextworld.com/documents/20182/367799/CONTEXTQ2_16+total+Market+Findings-final.pdf/5a446676-5467-45e0-95a5-1cc9402a99fa/ (дата обращения: 12.04.2018).
27. WTF??! 3D Printing Podcast – WTF?? 437: End User 3D Printing. [Электронный ресурс]. URL: <https://hazzdesign.podbean.com/e/wtfff-437-end-user-3d-printing/> (дата обращения: 12.04.2018).

Chalenko Yaroslav Yur'yevich

Russian foreign trade academy of the ministry for the economic development of the Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: chalenko.yaroslav@gmail.com

Fourth industrial revolution begins with 3D printing

Abstract. The article discusses the development of the industry of 3D printing, as one of the drivers of economic and technological change in the era of the Fourth industrial revolution. We have paid attention to detailed analyses of the functioning of the industry, its development, interaction between different elements, as well as to emerging opportunities for countries and companies that are actively implementing 3D printing into their production. We have made particular focus on the conditions of the global 3D printing market, its peculiarities and the ways of further development. In addition, we have analyzed the state of the 3D printing industry in Russia, have discussed the on-going trends, and have given recommendations for improvement of the position of Russian companies on the world stage.

Keywords: 3D printer; 3D printing market; the Fourth industrial revolution; the Industrial revolution 4.0; additive production; prosumer; transaction costs