

УДК 338.33,339.94
JEL L23;L25;L60;L90;O33

Формирование новых контуров управления глобальными цепочками стоимости под воздействием аддитивных технологий*

МОСКВИТИНА ЕКАТЕРИНА ИЛЬНИЧНА,

студент магистратуры факультета государственного управления и финансового контроля,
Финансовый университет, Москва, Россия
moskvitina_00@list.ru

ТОЛКАЧЕВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ,

доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Института промышленной политики и институционального развития, Финансовый университет, Москва, Россия
satolkachev@fa.ru

АННОТАЦИЯ

Статья рассматривает фундаментальные проблемы изменения подходов к управлению глобальными цепочками стоимости в процессе разворачивающейся новой промышленной революции в части такого ее компонента, как аддитивное производство или 3D-принтинг. Суммируются идеи зарубежных и отечественных специалистов по поводу воздействия 3D-технологий на производственный процесс. Анализируются изменения, которые вносит революция аддитивного производства в состав и протяженность цепочек поставок продукции. Выявляются отличия традиционной цепочки поставщиков от цепочки, формируемой на основе 3D-технологий. Оцениваются резервы экономии на поставках вообще и в сфере товарно-материальных запасов в частности за счет внедрения аддитивных технологий на примере США. Формулируются новые принципы управления глобальными цепочками стоимости, обосновывается вывод о прекращении доминирования принципа эффекта масштаба при развертывании новых производственных сетей на основе аддитивного производства. Фундаментальный принцип достижения положительного эффекта масштаба заменяется принципом кастомизации в роли основной движущей силы организации производственного процесса. Рассматриваются конкретные примеры реорганизации технологических цепочек за счет внедрения аддитивных технологий. Приведены прогнозы глобальных изменений в сфере логистики и транспорта под воздействием революции аддитивного производства в ближайшие годы.

Ключевые слова: глобальные цепочки стоимости; неоиндустриализация; логистика; аддитивное производство; эффект масштаба; кастомизация.

* Статья написана в рамках проекта РГНФ-БРФФИ №16-22-01006 «Воздействие неоиндустриализации на изменение места и роли российских и белорусских предприятий в глобальных цепочках стоимости».

The Formation of the New Global Value Chains Management Modes Under the Influence of Additive Technologies

MOSKVITINA E.I.

student of a magistracy of the Faculty of public administration and financial control, Financial University, Moscow, Russia
moskvitina_00@list.ru

TOLKACHEV S.A.

Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher at the Institute of Industrial Policy and Institutional Development, Financial University, Moscow, Russia
tsa2000@mail.ru

ABSTRACT

The article deals with the fundamental problems of changing approaches to the management of global value chains in the process of unfolding a new industrial revolution for example, the additive production or 3D-printing. The ideas of foreign and domestic specialists in an occasion of impact of 3D technologies on production process are summed up. The paper examines the changes which makes the additive manufacturing revolution in composition and length of chains of production. Differences of a traditional chain of suppliers from the chain created on the basis of 3D technologies come to light. On the US data estimated reserves of savings on supplies in general and in the field of inventory in particular through the introduction of additive technologies. The new principles of the management of global value chains are formulated, in particular, the conclusion on cessation of dominance the principle of economies of scale when deploying new production networks based on additive manufacturing. Fundamental positive effect of scale principle is replaced with the principle of customization as the main driving force of the production process organization. Specific examples of reorganization of technological chains due to implementation of additive technologies are reviewed. Forecasts of global changes in the sphere of logistics and transport under the influence of the additive production revolution in the next years are provided.

Keywords: global value chain; new industrial revolution; logistics; additive production; economies of scale; customization.

В настоящее время уже общепризнано, что мировая экономика вступила в период новой индустриализации (неоиндустриализации) на основе широкомасштабного внедрения технологий аддитивного производства, промышленного Интернета, роботизации, новых источников энергии. Новые технологические изменения не только революционизируют промышленное производство, но и приводят к радикальной трансформации глобальных цепочек стоимости (ГЦС), основы современной модели международного разделения труда и механизма управления промышленным ландшафтом каждой страны мира [1].

Под термином «цепочка добавленной стоимости» понимается последовательность основных бизнес-функций (или стадий производственного цикла) — проектирования, производства,

маркетинга, дистрибуции и послепродажного обслуживания потребителя. О значимости ГЦС говорит тот факт, что, например, в 2012 г. более 60% мировой торговли (объем которой составил около 22 трлн долл. США) пришелся на торговлю промежуточными товарами или услугами, используемыми на различных стадиях процесса производства товаров и услуг для конечного потребления. Все другие страны и мировая экономика в целом также существенно увеличили свою интеграцию в ГЦС. Мир стал намного более взаимозависимым, чем всего лишь 15 лет назад. В этих условиях даже незначительные технологические изменения в отдельных элементах ГЦС под влиянием неоиндустриализации могут привести к значительным сдвигам в моделях и механизмах управления всей цепочкой поставок. Рассмотрим основные

подходы к смене управленческих моделей ГЦС за счет распространения 3D-печати (3D-принтинга) или аддитивных технологий.

Мы уже охарактеризовали аддитивные технологии как элемент новой индустриализации в развитых государствах на примере США [2]. В частности, достаточно широкое распространение в промышленном производстве получила 3D-печать, способствующая созданию и стремительному развитию технологических цепочек нового поколения.

Технологии 3D-печати эффективно применяются в различных отраслях, в частности в авиации, медицине и машиностроении для получения деталей методом литья с помощью технологий:

- *SLA (Stereolithography Apparatus)*;
- *SLS (Selective laser Sintering)*;
- *InkJet* (технология струйного принтера).

Данные технологии позволяют отказаться от ручного труда и дают возможность получить качественные литейные выжигаемые модели высокой сложности в кратчайшие сроки. Технологическая цепочка изготовления литых металлических изделий в данном случае состоит всего из нескольких этапов (см. *Казмирчук К.Н. Машины послойного синтеза. Сделано в России? [Электронный ресурс]* URL: <http://konstruktor.net/podrobnее-det/mashiny-poslojnogo-sinteza-sdelano-v-rossii.html>; дата обращения: 25.08.2016):

1. Проектирование.
2. Построение литейной формы.
3. Литье металла.
4. Механическая обработка.

Многие западные эксперты уверенно говорят о прорывном потенциале аддитивных технологий для будущего обрабатывающей промышленности. 3D-технологии обладают наиболее прорывным потенциалом для будущих бизнес-моделей в обрабатывающей промышленности за счет формирования и разрастания программных платформ, которые будут координировать 3D-экосистемы. Некоторые эксперты считают, что 3D-технологии являются такими же фундаментальными прорывными технологиями, изменяющими «правила игры», каковыми выступили в свое время паровой двигатель и телеграф.

Многие отечественные эксперты также рассматривают развитие аддитивных технологий в контексте развития очередной промышленной революции. Борис Саламахин, директор АО «Центр

аддитивных технологий», подчеркивает тот факт, что в рамках использования аддитивных технологий все этапы реализации проекта от идеи до материализации (в любом виде — промежуточном или в виде готовой продукции) составляют единую технологическую цепь (см. *Саламахин Б.* В мире аддитивное производство стало ведущей промышленной инновацией // Портал улучшения делового климата в Воронежском регионе. URL: <http://www.vrn-business.ru/analytics/boris-salamakhin-v-mire-aditivnoe-proizvodstvo-stalovedushchei-promyshlennoi-innovatsiei>; дата обращения: 03.09.2016).

Протяженность таких цепочек благодаря внедрению аддитивных технологий может стать значительно меньше, так как применение компьютерного моделирования помогает исключить из технологической цепочки различные этапы, в том числе создание чертежа и конструирование полноразмерных физических моделей (см. *Попович А.А.* Пресс-тур по исследовательским лабораториям СПбГПУ // Официальный сайт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. URL: http://www.spbstu.ru/media/news/nauka_i_innovatsii/press_tur_po_issledovatel'skim_laboratoriyam_spbgpu; дата обращения: 03.09.2016).

По мнению директора по развитию ГК «Рускомполит» Павла Сервантинского, 3D-печать позволяет генерировать новые технологии, соединяя их в новые технологические цепочки, что подтверждается и деятельностью самой компании. Готовые продукты, представляющие собой, как правило, массивные объекты (композитные мосты или мобильные дорожные покрытия), с помощью 3D-принтера могут быть представлены на выставках в виде точно скопированного демонстрационного макета меньших размеров, что обеспечивает сокращение протяженности технологической цепочки и соответственно экономии времени и средств, которые потребуются для изготовления макетов вручную [3].

3D-печать не следует рассматривать исключительно в рамках сокращения технологической цепочки производства, так как она могла бы иметь гораздо более широкие последствия в цепочке поставок, представляющей собой совокупность поставщиков, производителей, потребителей и посредников, связанных между собой технологической цепочкой (3D Printing

and The Supply Chains of The Future. URL: <https://supplychainminded.com/3d-printing-and-the-supply-chains-of-the-future>; дата обращения: 08.09.2016).

Необходимость изучения влияния 3D-технологий на ГЦС обусловлена тем, что на практике компании, которые направляют деятельность на повышение эффективности цепочек поставок, достигают более высоких финансовых и операционных результатов, чем сопоставимые компании. По результатам исследования PWC было выявлено, что лидеры цепочек поставок осуществляют доставку своевременно и в полном объеме (OTIF) в 96% случаев, в то время как средний показатель составляет 89%. При этом оборачиваемость их складских запасов в год на 87% больше, чем у компаний, демонстрирующих средние результаты. От эффективности цепочек поставок напрямую зависит не только удовлетворенность клиентов, но и соответственно доходы компании (у лидеров маржа прибыли до уплаты процентов и налогов (EBIT) на 30% выше средних показателей) (см. Global Supply Chain Survey, 2013 // PWC. URL: https://www.pwc.ru/en/performance-management/assets/global-supply_chain-survey-2013-rus.pdf; дата обращения: 29.08.2016).

По мнению генерального директора компании *Transport Intelligence* Джона Маннерс-Белла, 3D-печать и робототехника внесут значительные корректировки в цепочки поставок — в особенности товаров, которые требуют срочной реализации, и товаров с высокой добавленной стоимостью; кроме того, низкокзатратные 3D-печатные товары окажут значительное воздействие на линии морских перевозок (см. *Райдер Д.* 3D-печать может поставить под угрозу цепочки поставок товаров. URL: <http://22century.ru/tag/3d-принтеры>; дата обращения: 06.09.2016).

Используя аналитический доклад компании AscentWhitePaper, отделим пять основных отличий традиционной цепочки поставок от цепочки поставок на основе 3D-технологий (см. таблицу).

Различия между традиционной цепочкой поставок и цепочкой поставок 3D-технологий

Американские исследователи Липсон и Курман выделяют 10 принципов, описывающих возможности 3D-технологий, которые имеют влияние на структуру и протяженность технологических цепочек (см. *Lipson H. and Kurman M.* Fabricated: The New World of 3D Printing, Wiley, Indianapolis (IN), 2013. URL: <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118350634.html>; дата обращения: 10.09.2016).

1. Сложность производства свободно варьируется (условно нет разницы между простыми и сложными объектами в мире 3D-печати).
2. Доступно разнообразие объектов печати (для получения другого объекта в минимальные сроки достаточно изменить настройки 3D-принтера).
3. Не требуется сборка (3D-принтеры создают объекты слоями и любые взаимосвязанные части могут быть произведены в один шаг, в отличие от системы традиционной сборки).
4. «Нулевое» время выполнения (3D-печать сокращает разрыв времени между началом и завершением процесса).
5. Неограниченный дизайн (инструменты традиционного производства более ограничены с точки зрения форм и оттенков, 3D-технологии позволяют преодолеть эти ограничения).
6. «Нулевые» навыки производства (3D-печать в определенной степени уменьшает навыки, необходимые операторам, так как с 3D-принтером легче работать, чем, например, с механизмами литейной машины).

Традиционная цепочка поставок	Цепочка поставок 3D-технологий
Массовое производство по низкой стоимости	Заказное производство, независимое размещение
Товары внедряются на рынок, ведущий к процессу распределения и продаж	Товары создаются на основе ответственности клиента
Длительные сроки от проектирования до изготовления и доставки	Быстрая доставка
Высокие транспортные издержки	Низкие транспортные издержки
Большие выбросы углекислого газа	Низкие выбросы углекислого газа

Источник: составлено на основе материалов AscentWhitePaper.

7. Компактное, портативное производство (с помощью 3D-принтеров можно изготовить объекты, во много раз превышающие размеры самого принтера; при этом важно учитывать тот факт, что само печатающее устройство может быть свободно перемещено в пространстве).

8. Меньше отходов (по сравнению с традиционными методами 3D-печать может уменьшить количество отходов до 40% в механической обработке металлов).

9. Бесконечные оттенки материалов (согласно прогнозам, в ближайшем будущем достигнут успешных результатов те исследователи, чья деятельность направлена на разработку различных способов получения новых материалов, годных для применения в 3D-печати).

10. Точная физическая репликация (можно утверждать, что 3D-печать станет интегратором цифрового и физического мира объектов; при этом «дизайн»-файлы могут бесконечно воспроизводиться и распределяться).

Таким образом, способность 3D-технологий создавать широкий ассортимент продукции вблизи точки потребления вносит серьезные изменения в технологические цепочки и различные бизнес-модели. Многие стадии потенциально могут быть исключены из цепочки, в том числе связанные с распределением, складированием и осуществлением розничной торговли (рис. 1).

Например, возможность 3D-принтеров изготавливать ремонтные детали по запросу может

в значительной степени изменить сферу послепродажного обслуживания (этап «содержание, эксплуатация»). На место крупных региональных складов придут небольшие оборудованные всем необходимым для производства готовых продуктов мастерские 3D-печати. Кроме того, для поставки запчастей может быть использован метод аутсорсинга, сущность которого будет состоять в том, что небольшие производства, сосредоточенные, например, вблизи крупных предприятий, могут осуществлять изготовление таких деталей для большей части оборудования на основе получения данных напрямую от производителей. О потенциальных возможностях экономии за счет внедрения аддитивных технологий в ГЦС можно судить хотя бы на примере обрабатывающей промышленности США. В американской статистике с точки зрения типичного предприятия обрабатывающей промышленности полная (глобальная) цепочка стоимости включает как расположенных «вверх по течению» разработчиков и поставщиков (научно-исследовательские и проектные организации, поставщики сырья, материалов, оборудования, транспортных средств, сервисные службы), так и «вниз по течению» цепочки сбыта, включающей логистику, лизинг, деятельность оптовых и розничных продавцов.

Например, в американской статистике валовая стоимость «верхней» цепочки валового выпуска ценностей для обрабатывающей промышленности составляет 5489 млрд долл. США. Добавленная

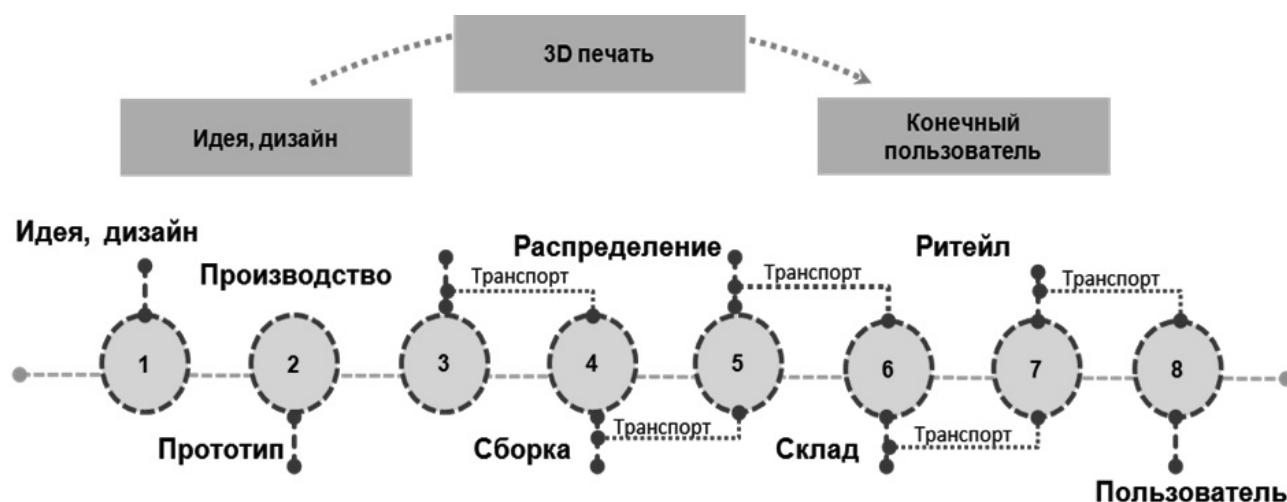


Рис. 1. Влияние 3D-печати на изменение структуры и протяженности традиционной технологической цепочки

Источник: рисунок подготовлен на основе материалов Computer Sciences Corporation.

стоимость, произведенная в «верхних» отраслях за счет спроса собственно обрабатывающей промышленности, составляет 2437 млрд долл. США. Еще 694 млрд долл. США составляет импорт товаров промежуточного назначения для потребления обрабатывающей промышленности. Цепочка стоимости, расположенная «вниз по течению», создает добавленную стоимость 3605 млрд долл. США. Таким образом, в целом сумма добавленной стоимости, создаваемой в смежных для обрабатывающей промышленности отраслях, составляет 6737 млрд долл. США, причем на «верхние» отрасли приходится 46% и на «нижние» — 54% [4]. Тем самым потенциальная экономия от внедрения аддитивных технологий на «верхних» и «нижних» этапах ГЦС только в американской экономике может исчисляться триллионами долларов.

Возьмем лишь один компонент «нижнего» течения ГЦС — складирование готовой продукции. По оценкам Министерства торговли США, общий объем складских запасов составлял 1,8 трлн долл. США, при этом расходы на обслуживание складских запасов в 2015 г. составили 427 млрд долл. США. Из них 141 млрд — затраты на складирование, 158 млрд — сопутствующие финансовые

затраты, 128 млрд — прочие расходы, включая естественную порчу, «усушку-утруску» продукции. Следовательно, сокращение складских запасов за счет использования аддитивных технологий всего на 1% способно принести американскому бизнесу 18 млрд долл. США ежегодной экономии на издержках!

Рассмотрим различные управленческие подходы к сопоставлению процессов, протекающих в традиционной цепочке поставок и цепочке поставок с участием аддитивных технологий.

Как мы выявили ранее, внедрение 3D-технологий в производство может обеспечивать определенную оптимизацию цепочки поставок посредством сокращения некоторых ее этапов (рис. 2).

Существует другой подход, согласно которому, сравнивая традиционную цепочку поставок и цепочку поставок аддитивного производства, следует разделять 3D-технологии на два направления:

- 3D-печать в рамках наличия 3D-магазина;
- 3D-печать в домашних условиях (рис. 3).

Майкл Гравир, профессор маркетинга и управления мировыми цепочками поставок в *Bryant University*, отмечает, что 3D-печать фундаментально сдвигает и обновляет старую модель цепочек



Рис. 2. Сравнение структуры и протяженности цепочек поставок в традиционном и аддитивном производстве

Источник: схема составлена на основе данных международной IT-корпорации Atos, 2014.

поставок (план, ресурсы, изготовление, доставка, возврат и т.д.) и наделяет потребителей ролью производителя (см. *Gravier Michael*. 3D Printing: Customers Taking Charge of the Supply Chain. Apr 12, 2016. URL: <http://www.industryweek.com/supply-chain/3d-printing-customers-taking-charge-supply-chain>; дата обращения: 19.08.2016).

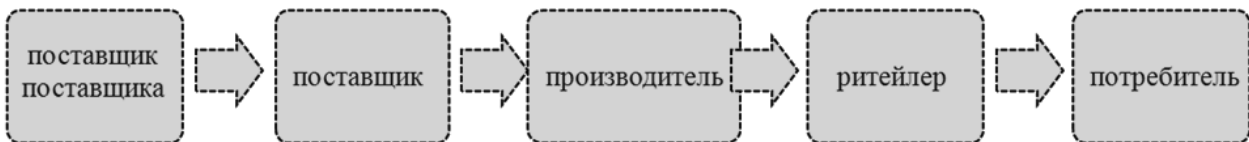
Ключевыми факторами, от которых будет зависеть выбор способа производства продукта, станут местоположение клиента и сложность поставленной задачи. В связи с этим изменится структура цепочки поставок, она превратится в более гибкий механизм и будет меняться в зависимости от конкретных переменных на каждом отдельном объекте. Таким образом, под угрозой может оказаться рынок труда, и сфера логистики, вероятно, будет поглощена порядками новой цифровой эры (см. *Hall Nick*. How will 3D printing affect the supply chain? May 26, 2016. URL: <https://3dprintingindustry.com/news/will-3d-printing-affect-supply-chain-80514>; дата обращения: 19.08.2016).

Попробуем систематизировать новые принципы управления ГЦС, появляющиеся в связи с внедрением аддитивных технологий.

Во-первых, управление всей цепочкой поставок перестает ориентироваться на доминанту роста эффекта масштаба. Вся прежняя модель управления ГЦС исходила из категорической необходимости снижения издержек производства на каждом этапе технологической цепочки за счет развертывания массового производства в системе подетальной кооперации цепочки поставщиков. На смену принципу эффекта масштаба приходит принцип кастомизации, означающий производство под индивидуальные запросы потребителей. В соответствии с данным принципом происходит изменение облика самого конечного производителя. Из крупного сборочного производства крупными сериями однотипной продукции он трансформируется в сеть небольших локализованных мини-заводов, ориентированных на местные запросы. Схематично такую трансформацию мы уже представляли в предыдущей работе [5, с. 61].

Во-вторых, система логистических поставок «точно в срок», бывшая еще одним управленческим принципом организации ГЦС и обеспечивавшая важный ресурс эффективности всей системы, теряет свою актуальность. Производитель конечной продукции теперь не обязан

1. Традиционная цепочка поставок



2. Цепочка поставок «3D магазин»



3. Цепочка поставок «Домашняя печать»



Рис. 3. Отличие традиционной цепочки поставок от цепочек поставок аддитивного производства

Источник: Biederman David. 3D Printing Transforming the Way Companies Think About Supply Chains. Oct 24, 2013. URL: http://www.joc.com/international-logistics/global-sourcing/3d-printing-transforming-way-companies-think-about-supply-chains_20131024.html; дата обращения: 08.09.2016).

выстраивать многоуровневую систему поставок многочисленных узлов и комплектующих, оптимизированную во времени ради сокращения складских издержек. Замена поставок мелких деталей на организацию собственного аддитивного производства крупных конструкций высвобождает огромные ресурсы из сферы логистического обеспечения производства.

В-третьих, подлежит радикальному переосмыслению принцип коммерческой тайны и интеллектуальных прав собственности. Использование аддитивных технологий предполагает задействование возможностей краудсорсинга, т.е. широкое вовлечение творческого дизайнерского труда людей, не являющихся инсайдерами расширенного производственного процесса во всей ГЦС. Передача по сети Интернет огромного количества новых дизайнерских разработок происходит без соблюдения законодательства о правах собственности и трудно представить, как можно контролировать подобный свободный обмен идеями. Следовательно, фирмы не смогут рассчитывать на охрану авторских прав и извлечение доходов от патентной деятельности. Затруднительно представить так же, как в новом сообществе производителей будут решаться вопросы взаимоотношений франчайзингового характера.

Рассмотрим некоторые примеры реорганизации ГЦС в российской и зарубежной практике.

Уже хорошо известны преимущества применения аддитивных технологий в производстве прототипов изделий. Передача созданной с помощью 3D-технологий модели в автоматизированные комплексы осуществляется напрямую, что позволяет сократить время, требуемое для изготовления деталей, с нескольких месяцев до нескольких дней. Так, например, временные затраты компании *Kutrieb Research* на создание прототипа турбины из воска могли составлять порядка 5 недель при стоимости 20 тыс. долл. США; использование принтера 3D-систем позволило создать модель за одну ночь и снизить расходы до 2 тыс. долл. США. (см. *Колосов Р.* Трансформация реальной экономики технологиями 3D-печати // Материалы АРБ ПРО, 2016. URL: <http://arb-pro.ru/blog/transformaciya-realnoy-ekonomiki-tehnologiyami-3d-pechati>; дата обращения: 13.09.2016).

Согласно оценкам компании *Oreck MFG* (США), ранее использующей традиционные методы

сборочной оснастки (силиконовые или эпоксидные и полиуретановые формованные отливки со вставками), переход на прямое цифровое производство позволил сократить расходы на 65% (см. *Ежеленко В., Трубашевский Д.* Современные методы изготовления уникальной производственной оснастки. URL: http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=672&group_id_4=74; дата обращения: 15.09.2016).

В немецком автоконцерне *AUDI* также положено начало усовершенствования технологических процессов посредством внедрения порошкового 3D-принтера по металлу *SLM 280HL* компании *SLM Solutions* с целью сокращения протяженности и повышения эффективности действующих технологических цепочек по производству алюминиевых деталей. Данная система плавления металлических порошков оснащена двумя оптоволоконными лазерами, что ускорит изготовление изделий до 55 см³/ч и позволит сократить протяженность всей технологической цепочки. Такие преобразования, по словам работников автоконцерна, должны обеспечить эффективную разработку топологически оптимизированных деталей небольшими партиями (см. Новости аддитивных технологий // *GlobatekGroup JSC*. URL: http://3d.globatek.ru/blog/audi_slm; дата обращения: 24.08.2016).

По мнению Ю. Таскаева, руководителя отдела продаж и маркетинга одной из лидирующих на российском рынке компаний по внедрению и предоставлению промышленных 3D-технологий *Cybercom*, при выявлении экономических преимуществ 3D-печати следует выделять два аспекта данной технологии.

1. Быстрое прототипирование: обеспечивает возможность крайне быстрого вывода новой продукции на рынок при максимальной экономии времени на стадиях от разработки, тестирования, проверки на фокус-группах до появления продукта в торговых точках.

2. Прямое изготовление конечных деталей: обеспечивает экономию на оборудовании, сокращение времени выхода первой продукции, снятие технических ограничений на производство.

Первый заместитель генерального директора АО «Наука и инновации» А.В. Дуб, говоря о том, что 3D-печать способна помочь Росатому стать лидером высоким технологиям, отмечает главные преимущества аддитивных технологий:

трансформация сложных технологических цепочек в более простые; сокращение периода выхода инноваций до нескольких дней.

Научный руководитель Центра аддитивных технологий ФГУП «НАМИ» М. Зленко и директор ФГУП «Внештехника» П. Забеднов в своем исследовании акцентируют внимание на том, что 3D-печать способствует ускорению цикла НИОКР — ключевого звена технологической цепочки [6].

Внедрение 3D-печати в промышленное производство обеспечило ускорение, упрощение и снижение стоимости процедуры опытно-конструкторских работ в НПО «Сатурн». Данная компания обладает одним из крупнейших в России центров аддитивных технологий, специалистами которого была апробирована технологическая цепочка изготовления деталей селективным сплавлением, начиная с разработки 3D-модели и заканчивая функциональной деталью. Директор по ИТ Юрий Зеленков отмечает, что на сегодняшний день НПО «Сатурн» осуществило переход на безбумажное производство (за исключением случаев распечатывания чертежной документации для технологий, процесс создания которой при этом легко реализуется с помощью 3D-модели).

Воздействие внедрения в производство 3D-технологий на изменение структуры и протяженности технологической цепочки нашло отражение и в крупнейшей автостроительной корпорации России «КАМАЗ», включающей более 150 организаций в России, странах СНГ и других государствах мира. При содействии компании *Siemens PLM Software* в ПАО «КАМАЗ» было проведено обновление модельного ряда, внедрены новые технологии управления жизненным циклом изделия (*PLM*) и усовершенствованы рабочие процессы, что способствовало обеспечению большей эффективности производственного цикла.

Важнейший этап *PLM*-проекта — освоение технологии электронного макета и переход на 3D-моделирование. Заметным результатом технологического прогресса стали новые магистральные тягачи КАМАЗ-5490, спроектированные и выпущенные в рамках сотрудничества КАМАЗа и его стратегического партнера немецкого концерна *Daimler AG*. В основу проектирования кабины была положена 3D-модель кабины *Mercedes-Benz* семейства *Axor*.

Применение 3D-технологий для проектирования оснастки дает возможность существенно

сократить число ее доработок и более точно спрогнозировать сроки исполнения.

Кроме того, реализация *PLM*-проекта и сквозной цепочки «проектирование — производство» обеспечивает более прозрачное видение проектов, позволяя всем участникам увидеть динамику этапов технологической цепочки в виде систематизированной модели.

Согласно оценкам американских экспертов, во всем мире 3D-печать вырастет с 3,1 млрд долл. США выручки в 2013 г. до 12,8 млрд в 2018 г. и действительно вызовет значительные сдвиги в сфере логистики и транспорта. Основными последствиями таких изменений могут стать следующие.

- Переход к более локализованному производству, в результате чего вырастут производство по требованию и небольшие товарно-материальные запасы.
- Цепочки поставок и системы сбыта отдельных видов товаров нарушат привычные процессы как национальной, так и международной торговли.
- Поставщикам транспортных услуг необходимо стать более гибкими и подвижными, чтобы адаптироваться к меняющимся условиям в области логистики и транспорта.
- Капитальные проекты и инвестиции в транспортные средства могут потребовать переориентации и перестановки приоритетов с целью минимизации рисков последствий трансформации традиционной логистической системы и цепочек поставок (т.е. меньший упор на порты).
- Централизованное производство в Азии и Латинской Америке будет постепенно смещено в сторону более мелких предприятий ближе к конечным пользователям.
- Больше товаров будет производиться на территории США, сократится протяженность каналов распределения и произойдет снижение в отрасли грузовых перевозок.
- Модели грузового транспорта будут ориентированы в основном на региональные и местные поставки, ближние перегоны.
- Будут снижаться затраты и упрощаться закупки труднодоступных частей и принадлежностей для поставщиков транспортных услуг и средств.
- Вероятно сокращение поставок готовой продукции при росте поставок сырья, что может способствовать снижению требований к инфраструктуре.

- Часть сферы услуг будет вытеснена портативными 3D-машинами и операторами.
- Выполнение логистических операций третьими лицами окажется под ударом растущего числа предприятий, предоставляющих услуги печати по требованию.
- Часть сектора розничной торговли перестанет функционировать.
- Продолжится рост в компаниях, которые специализируются на предоставлении услуг 3D-печати.
- Появятся новые стандарты и нормы регулирования деятельности субъектов данной отрасли.

В конечном итоге, благодаря функционированию данных принципов на практике может быть обеспечено снижение времени производственного цикла для штучного и мелкосерийного

производства, сокращение технологической цепочки, упрощение цепочки поставок по причине отказа от металлообрабатывающего и литейного оборудования и размещения производства отдельных компонентов на территории одного предприятия [7, с. 144].

Таким образом, можно утверждать, что совершенствование производственных цепочек различных предприятий отечественной промышленности — важнейший этап инновационного развития государства в целом. Практика показала, что для достижения цели по ускорению технологической производственной цепи недостаточно модернизировать один процесс из технологической цепочки. В связи с этим одной из первоочередных задач остается осуществление упрощенного внедрения 3D-технологий в производственный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рачковская И.А., Толкачев С.А. Влияние неоиндустриализации на изменения в управлении цепями поставок // Логистика. 2015. № 10. С. 48–54.
2. Толкачев С.А., Москвитина Е.И., Цветкова Т.М. Перспективы развития аддитивного производства в США // США-Канада: экономика, политика, культура. 2016. № 1. С. 87–102.
3. Бакарджиева С. «РУСКОМПОЗИТ»: первым делом — рынок, а концепция — потом // Умное производство. 2016. № 30.
4. Daniel J. Meckstroth. The Manufacturing Value Chain Is Much Bigger Than You Think! // MAPI Foundation — Arlington, February 2016.
5. Толкачев С.А., Тепляков А.Ю. Методологические основы анализа трансформации глобальных цепочек стоимости в ходе неоиндустриализации // Экономическое возрождение России. 2016. № 3. С. 57–65.
6. Зленко М., Забеднов П. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм // Металлургия машиностроения. 2013. № 2.
7. Шеховцов А.А., Карпова Н.П. Аддитивные технологии как способ реализации концепции бережливого производства // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 13. С. 141–145.

REFERENCES

1. Rachkovskaya I.A., Tolkachev S.A. Vliyanie neoindustrializatsii na izmeneniya v upravlenii tsepyami postavok [Influence of neoindustrialization on changes in supply chain management]. *Logistika — Logistics*, 2015, no. 10, pp. 48–54.
2. Tolkachev S.A., Moskvitina E.I., Tsvetkova T.M. Perspektivy razvitiya additivnogo proizvodstva v SSHA [Prospects of development of additive manufacturing in the United States]. *SSHA-Kanada: ehkonomika, politika, kul'tura — US-Canada: Economics. Politics. Culture*, 2016, no. 1, pp. 87–102.
3. Bakardzhieva S. «RUSKOMPOZIT»: pervym delom — rynek, a kontseptsiya — potom [“Ruskompozit”: first of all — the market and the concept — then]. *Umnnoe proizvodstvo — Intelligent Production*, 2016, no. 30.
4. Daniel J. Meckstroth. The Manufacturing Value Chain Is Much Bigger Than You Think! // MAPI Foundation — Arlington, February 2016.
5. Tolkachev S.A., Teplyakov A.U. Metodologicheskie osnovy analiza transformatsii global'nykh tsepochek stoimosti v khode neoindustrializatsii [Methodological basis of the analysis of the transformation of global value chains in the neoindustrialization]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii — The Economic Revival of Russia*, 2016, no. 3, pp. 57–65.
6. Zlenko M., Zabednov P. Additivnye tekhnologii v opytnom litejnom proizvodstve. Tekhnologii lit'ya metallov i plastmass s ispol'zovaniem sintez-modelej i sintez-form [Additive technology in the experimental foundry. Metals and plastics molding techniques synthesis using synthesis models and molds]. *Metallurgiya mashinostroeniya — Metallurgy Engineering*, 2013, no. 2.
7. Shekhovtsov A.A., Karpova N.P. Additivnye tekhnologii kak sposob realizatsii kontseptsii berezhlivogo proizvodstva [Additive technology as a way to implement the concept of lean production]. *Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal «Kontsept» — Scientific and methodical electronic journal “Concept”*, 2015, vol. 13, pp. 141–145.