

УДК 69.003

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭКОНОМИКУ СТРОИТЕЛЬСТВА

¹Грахов В.П., ²Мохначев С.А., ¹Бороздов О.В.

¹ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет
им. М.Т. Калашникова», Ижевск, e-mail: pgs@istu.ru;

²НОУ ВПО «Восточно-Европейский институт», Ижевск, e-mail: sa195909@yandex.ru

Статья посвящена актуальной теме в экономических исследованиях современности – повышению эффективности деятельности хозяйствующих субъектов в условиях рыночной экономики – и раскрывает особенности использования 3D-технологий в строительстве. Развитие и поддержание 3D-технологий открывает перед строительной отраслью новые возможности. Использование 3D-технологий дает возможность возводить здания практически любой формы, а дизайнерам и архитекторам 3D-технологии предоставляют возможности для воплощения самых смелых замыслов. Особенность технологии заключается в подключении дополнительного инструмента машины – манипулятора устанавливающего в проектное положение несущие и поддерживающие элементы конструкции, инженерные коммуникации Интенсивное развитие аддитивных технологий существенно меняет соотношение экономических факторов в строительстве. Авторы полагают, что успех предприятий в новой конкурентной среде обуславливают не масштабы производства, а качество и оригинальность идей. Основой экономики после «третьей промышленной революции» станет именно разработка концептов, а не производство продукции.

Ключевые слова: 3D-технологии, строительство, экономические возможности

THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF 3D-TECHNOLOGIES ON CONSTRUCTION ECONOMICS

¹Grakhov V.P., ²Mokhnachev S.A., ¹Borozdov O.V.

¹Izhevsk state technical University named after M.L. Kalashnikov, Izhevsk, e-mail: pgs@istu.ru;

²Eastern-European Institute, Izhevsk, e-mail: sa195909@yandex.ru

The article is devoted to the topic in economic studies of modernity, efficiency of activity of economic entities in the market economy conditions and the peculiarities of the use of 3D-technologies in construction. The development and maintenance of 3D-technology opens before the construction industry new opportunities. The use of 3D-technology makes it possible to erect buildings of almost any shape, and designers and architects 3D-technologies offer opportunities to implement the most daring ideas. The peculiarity of the technology is the tool of the machine arm installs in design position bearing and supporting elements of construction, engineering services. Intensive development of additive technology significantly changes the ratio of economic factors in construction. The authors believe that the success of the enterprises in the new competitive environment stipulate the scale of production, and the quality and originality of ideas. The backbone of the economy after the «third industrial revolution» will be the elaboration of concepts, and not the production.

Keywords: 3d-technology, construction, economic opportunities

Одним из основных условий повышения конкурентоспособности экономики является развитие на основе инноваций территориальных кластеров – объединений предприятий, поставщиков (как оборудования, так и услуг), научных и образовательных организаций, связанных отношениями территориальной близости и функционирующих в рамках определенной сферы производства (реализации) товаров или услуг [1]. При этом кластерные объединения рассматриваются как элементы инновационной подсистемы [2, 3]. Технологическая компонента внешней среды оказывает наиболее существенное влияние на развитие организаций, входящих в кластер. К примеру, сегодня 3D-печать вызывает очень большой интерес у представителей различных видов экономической деятельности. За достаточно короткий срок времени, прошедший с момента появления первых 3D-принтеров, люди научились пе-

чатать посуду, одежду, игрушки, расходные материалы для принтеров и сами принтеры, машины и даже человеческие органы и ткани. Следующим шагом на пути развития технологии 3D-печати стала печать строительных конструкций и жилых домов. Отметим, что проблем в строительстве в нынешнее время очень много. Строительная площадка является зоной повышенной опасности. По данным представителя профсоюза работников строительства и промышленности строительных материалов Бориса Сошенко, в среднем около 5 человек на 100 тыс. погибают каждый год на стройках России. А при строительстве зданий при помощи 3D-технологий участие человека сводится к минимуму. Сама идея того, что человек в строительстве практически не принимает никакого участия, открывает перед человечеством в сфере строительства новые горизонты.

Использование 3D-технологий дает возможность возводить здания практически любой формы, в первую очередь это дает дизайнерам и архитекторам возможность свободно мыслить, не загоня себя в определенные рамки. Следующая возможность, которая открывается при использовании 3D-технологий – это скорость. Так, например, в Шанхае за сутки возвели десять 3D-печатных домов каждый площадью в 200 квадратных метров [5]. Интересно, что вместо новых строительных материалов компанией использовались строительные и промышленные отходы и отвалы. Используя компьютерное моделирование в конструкции домов, можно заложить разъемы под изоляцию, трубопровод, электропроводку и оконные блоки. Все эти элементы устанавливаются после завершения 3D-печати.

Строительный 3D-принтер в своей работе использует технологию экструдирования, при которой каждый новый слой строительного материала выдавливается из принтера поверх предыдущего слоя по заданному программой контуру, вырабатывая стены здания. Такая технология называется FDM (Fused Deposition Modeling – моделирование методом осаждения нити). Разработаны программы, в которых можно создать 3D-модель. Большинство из них находятся в свободном доступе. О высоком разрешении печати в данном случае говорить не приходится, да это и не критично для строительства, так как бетон легко поддается последующей обработке и отделке.

На данный момент разработаны программы для 3D-моделирования, такие как SketchUp, FreeCAD, Blender, OpenSCAD, Rhinoceros. После того как создали в одной из вышеперечисленных программ модель, ее отправляют в программу для создания G-code, а затем информация передается по проводу с компьютера в 3D-принтер. Отметим, что G-code – это множество точек координат, по которым в будущем 3D должен проложить материал, в результате чего появляется физический объект. Для управления непосредственно самим принтером есть программы CURA, POLYGON, Repetier-Host [4].

Особенность технологии заключается в подключении дополнительного инструмента машины – манипулятора, устанавливающего в проектное положение несущие и поддерживающие элементы конструкции, инженерные коммуникации (перемычки, балки перекрытия/покрытия, элементы стропильной конструкции, лотки, дымоходы, вентиляционные каналы и т.д.).

Строительный материал для возведения несущих элементов конструкции (стен, перекрытий) – это быстротвердеющий порожковый бетон, армированный стальной или полимерной микрофиброй. Особенностью

реакционно-порошкового бетона является отсутствие крупного заполнителя без потери в соотношении вяжущая/твердая составляющие, а также высочайшие эксплуатационные характеристики. Так же могут быть использованы более дешевые виды бетонов, такие как мелкозернистый и песчаный бетон, модифицированный добавками (гиперпластификаторы, ускорители твердения, фибра).

В качестве арматуры может быть применена инновационная технология тканых объемно-сетчатых каркасов. В теории такие каркасы могут связываться в единую конструкцию в процессе строительства.

Обычный цемент не пригоден для создания изделий подобного рода – нужен другой бетон. На данный момент еще не разработан материал такого качества, который бы удовлетворял всем нынешним требованиям. Есть недостатки материалов, используемых в строительстве при помощи 3D-технологий. На сегодняшний день это невозможность подачи бетона на большую высоту, так как изделие быстро затвердевает еще в трубопроводе, и то, что бетон является плохим изоляционным продуктом. Стены из такого бетона будут пропускать холод в дом. Планируется в качестве материала для печати использовать песчаный или порошковый модифицированный добавками бетон класса В60 и более. Разработкой таких бетонов сейчас занимаются в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства под руководством профессора В.И. Калашникова [6]. Их состав превосходит существующие бетоны по физическим свойствам. Результаты произведенных испытаний показали, что образцы песчаных бетонов имеют высокие показатели прочности (свыше 100 МПа на сжатие). Песчаные бетоны на реакционно-порошковой связке имеют высокий коэффициент конструктивного качества, что дает возможность создать конструкции с меньшим объемом по сравнению с обычными конструкциями, соответственно меньшим весом и сниженным расходом материалов. При своих высоких эксплуатационных качествах бетон также имеет преимущества с точки зрения экономики. Данные составы бетонов имеют низкий расход цемента, не имеют в составе щебня, рассчитаны на использование местных песков, которые занимают в бетоне большую долю объема. В результате повышение качества продукции не приводит к значительному увеличению себестоимости. Так же можно использовать смесь цемента и строительного мусора, что даст возможность пользоваться технологией безотходного производства.

В настоящий момент за рубежом выявлены следующие аналогичные проекты: «ContourCrafting» (CC), разработка Behrokh Khoshnevis из Университета Южной Кали-

форнии [7]. В 2010 году Behrokh Khoshnevis утверждал, что его система может построить полноценный дом в один день, его система с электроприводом будет производить очень мало отходов строительных материалов. В 2005 году посчитали, что при строительстве образуются 3–7 тонн отходов материала и выхлопные газы транспортных средств. Во время строительства стандартного дома по технологии контур крафта можно значительно снизить воздействие на окружающую среду.

Behrokh Khoshnevis заявил, что в 2010 году NASA оценили контур крафт для ее применения в строительстве баз на Марсе и Луне. По прошествии трех лет, в 2013 году NASA финансирует небольшое исследование в Университете Южной Калифорнии для дальнейшего развития контур крафта 3D-технологии печати. Потенциал применения этой технологии включает в себя строительство лунной структуры, при этом может быть использовано на 90 процентов материалов, имеющихся на Луне, и только десять процентов материала будут привезены с Земли.

В Шанхае появилась группа из десяти 3D-печатных домов, каждый площадью в 200 квадратных метров. Благодаря технологии 3D-печати из цемента компании WinSun, один такой дом стоит всего 4800 долларов. Компания WinSun несколько лет работала над технологией строительной 3D-печати и за это время зарегистрировала 77 национальных патентов. Огромный 3D-принтер длиной 150 метров, шириной 10 м и высотой 6,6 метров использует цемент и стекловолокно, чтобы возводить дома за несколько часов. Как и обычные 3D-принтеры, он «печатает» здания слой за слоем, снизу вверх. Интересно, что вместо новых строительных материалов компания использует строительные и промышленные отходы и отвалы. В будущем WinSun планирует создать 100 перерабатывающих заводов по всей стране, чтобы собирать отходы и превращать их в строительные материалы. По оценкам WinSun, сочетание 3D-печати домов с использованием переработанных промышленных материалов сократит расходы на строительство в два раза. А возведенные по этой технологии дома обеспечат доступное и качественное жилье для бедных китайских семей.

Как же может изменить в ближайшем будущем развитие и распространение технологий объемной 3D-печати положение дел в сфере производства в частности и в мировой экономике в целом? С конца прошлого года оживленно обсуждается этот вопрос в мировом научном сообществе и средствах массовой информации.

Масла в огонь не так давно подлил авторитетный в деловых кругах британский

еженедельник The Economist. В нем приведен цикл статей о грядущей «третьей промышленной революции», которую в ближайшем времени породит интенсивное развитие аддитивных технологий [8]. В общих чертах обрисовав образ будущего, неминуемо ожидающего мир через несколько десятков лет, авторы издания пришли к выводу, что одним из наиболее вероятных изменений в нем может стать исчезновение массового производства как явления. Основания для таких прогнозов довольно просты и понятны. С точки зрения теории, при использовании аддитивных технологий производителю больше не потребуются производить сотни тысяч одинаковых изделий для того чтобы окупить собственные затраты. Напротив, объемная печать даст возможность производить изделия, которые раньше считались слишком сложными, чтобы их изготовление было выгодным с экономической точки зрения. По своей сути технология объемной печати идеально подходит для мелкосерийного производства и индивидуализации массовой продукции.

Авторы полагают, что с распространением трехмерной печати в мировом производстве неизбежно возобладают именно эти тенденции, а параллельно, по мере снижения цен на промышленные 3D-принтеры, снизится и стоимость вхождения в производственный бизнес, что сделает эту сферу доступной для малых и средних предприятий. Иным закономерностям будет подчиняться и успех предприятий: в новой конкурентной среде его обусловят не масштабы производства, а качество и оригинальность идей. Другими словами, основой экономики мира после «третьей промышленной революции» станет именно разработка концептов, а не производство продукции.

Как полагает The Economist, в такой ситуации взамен миллионов дешевых рабочих рук новая промышленность будет испытывать потребность в нескольких сотнях талантливых 3D-разработчиков и дизайнеров [9]. Закономерным этапом развития «третьей промышленной революции», по мнению экспертов, может стать возвращение большинства производств из развивающихся стран обратно в группу развитых стран. Правда, общее положение дел на локальных рынках труда такие процессы лишь усложнят. «3D-печать даст новые возможности местным производствам, однако не такого рода, что были прежде. Ранее потерянные рабочие места не появятся снова, так как производству понадобятся специалисты с более высокой квалификацией, а от ремесленников будущего в большей степени потребуются навыки владения цифровыми технологиями», – прогнозирует Карл Басс, генеральный директор компании Autodesk,

специализирующейся на поставке программных решений для 3D-проектирования.

Развитие новых технологий угрожает масштабными рисками, в частности самой обсуждаемой проблемой является защита интеллектуальной собственности. Действительно, как решать эту задачу, если широкий круг пользователей получит возможность оцифровывать и копировать вещи? Когда дизайн обуви станет полностью электронным, появится проблема «обувного пиратства». Безусловно, не могут не оказать влияния подобные изменения в области производства и экономики и на остальные сферы человеческой жизни.

Возможность печатать изделия прямо дома или в производственном цехе изменит саму культуру владения и избавит от необходимости копить вещи. Ценным станет владение не вещью, а ее информационной моделью и возможностью напечатать ее с помощью каких-то уникальных материалов, то есть владение цифровой информацией, которая позволит в любой момент воспроизвести изделие вновь и вновь.

Насколько вероятен подобный сценарий в будущем, однозначно ответить сложно. Вместе с тем скептики пока не отыскали практически ни одного весомого аргумента в пользу того, чтобы события не смогли реализоваться по обозначенному вектору. Говоря о недостатках технологии, эксперты-консерваторы часто упоминают довольно низкую скорость работы 3D-принтеров, подчеркивая, что она явно не подходит для производства крупных партий продукции. Однако какое это имеет значение в ситуации, когда само существование крупносерийной промышленности в скором времени может оказаться под вопросом?

Современный этап развития аддитивных технологий многие справедливо сравнивают с периодом, когда возник рынок первых моделей персональных компьютеров. В те времена польза от компьютеров немногим казалась довольно очевидной, однако меньше чем за десятилетие цифровым технологиям удалось перевернуть мир, упростив жизнь обычным людям и создав новые рынки для бизнеса. Вполне возможно, что сегодня мы стоим на пороге сопоставимых, если не больших по своему масштабу изменений.

Список литературы

1. Грахов В.П., Мохначев С.А., Чиркова Д.С. Кластерная политика в регионе: особенности реализации // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – № 28 (355). – С. 11–17.
2. Мохначев К.С. Теоретико-правовые аспекты формирования, развития и функционирования инновационных подсистем. – Ижевск: Изд-во «Ассоциация по методологическому обеспечению деловой активности и общественного развития «Митра», 2011. – 120 с.
3. Мохначев К.С., Мохначева Е.С. Основные аспекты формирования и развития региональной инновационной подсистемы // Сборник трудов молодых ученых НОУ ВПО

«Университет управления «ТИСБИ». – Казань: НОУ ВПО «Университет управления «ТИСБИ», 2011. – С. 201–205.

4. Грахова Е.В. Применение современных образовательных технологий в учебном процессе // Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования: материалы VI Международной конференции. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2014. – С. 96–99.

5. Строительные 3D-принтеры. – 2012. – URL: <http://www.orgprint.com/ru/wiki/stroitelnye-3d-printery> (дата обращения: 18.02.2014).

6. 3D-принтер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/3D-%EF%F0%E8%ED%F2%E5%F0> (дата обращения: 18.09.2014).

7. Степанов И. Строительный 3D принтер. – 2014. – URL: <http://daydeneg.ru/2014/01/25/stroitelnyj-3d-printer/> (дата обращения: 18.09.2014).

8. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://notabenoid.com/book/41907/160324> (дата обращения: 28.09.2014).

9. Contour Crafting: Automated Construction: Behrokh Khoshnevis at TEDxOjai. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog#t=94> (дата обращения: 28.09.2014).

References

1. Grakhov V.P., Mokhnachev S.A., Chirkova D.S. *Regional'naja jekonomika: teorija i praktika – Regional economy: theory and practice*, 2014, no. 28 (355), pp. 11–17.
2. Mokhnachev K.S. *Teoretiko-pravovye aspekty formirovaniya, razvitiya i funkcionirovaniya innovacionnyh podsystem* [Theoretical and legal aspects of the formation, development and functioning of innovative subsystems]. Izhevsk: Mitra, 2011.
3. Mokhnachev K.S., Mokhnacheva E.S. *Osnovnye aspekty formirovaniya i razvitiya regional'noj innovacionnoj podsystemy. Sbornik trudov molodyh uchenyh NOU VPO «Universitet upravlenija «TISBI»* [The main aspects of formation and development of regional innovation subsystem. Proceedings of young scientists of NOU VPO The University of management «TISBI»]. Kazan, 2011, pp. 201–205.
4. Grakhova E.V. *Primenenie sovremennyh obrazovatel'nyh tehnologij v uchebnom processe // Tehniceskie universitety: integracija s evropejskimi i mirovymi sistemami obrazovanija. Materialy VI Mezhdunarodnoj konferencii* [The application of modern educational technologies in the educational process. Technical universities: integration with European and world education systems. Proceedings of the VI International conference]. Izhevsk, 2014. 96–99.
5. *Stroitelnyj-3d-printeri* [Building 3D printers] Available at: URL: <http://www.orgprint.com/ru/wiki/stroitelnye-3d-printery> (accessed 18 February 2014).
6. *3D-printer* [3D printer] Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/3D-%EF%F0%E8%ED%F2%E5%F0> (accessed 18 September 2014).
7. Stepanov I. *Stroitel'nyj 3D printer* [Building a 3D printer]. 2014. URL: <http://daydeneg.ru/2014/01/25/stroitelnyj-3d-printer/> (accessed 18 September 2014).
8. *Dostupnaja 3D pechat' dlja nauki, obrazovanija i ustojchivogo razvitiya*. [Affordable 3D printing for science, education and sustainable development] Available at: <http://notabenoid.com/book/41907/160324> (accessed 28 September 2014).
9. Contour Crafting: Automated Construction: Behrokh Khoshnevis at TEDxOjai. Available at: <http://www.youtube.com/watch?v=JdbJP8Gxqog#t=94> (accessed 28 September 2014).

Рецензенты:

Щетинина Е.Д., д.э.н., профессор, зав. кафедрой маркетинга, ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород;
Родимцев С.А., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности на производстве», Орловский государственный аграрный университет, г. Орел.

Работа поступила в редакцию 28.11.2014.