

DOI: 10.12737/article_5bd95a7f7bb9d6.94467671

¹.*Оспищев П.И.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: nich_unir@mail.ru

ОТРАСЛЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ РЫНКА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ СЕКТОРЕ

Аннотация. В статье рассматриваются отраслевые особенности мирового и российского рынков 3D-печати материалами на цементной основе (бетонами). Анализируются тенденции мирового рынка строительной печати на основе аддитивных технологий, а также перспективная динамика его развития в разных временных интервалах. Рассматриваются преимущества и недостатки использования инновационных технологий в современном российском строительном секторе. Выделяются ключевые факторы, оказывающие влияние на развитие российского рынка строительной печати, а также анализируются его особенности и тенденции. Делается вывод о рыночных перспективах практического использования аддитивных технологий в строительном секторе, а также определяется их потенциальная значимость для экономики страны в целом.

Ключевые слова: строительные 3D-принтеры, 3D-печать бетоном, аддитивное производство, инновации в строительном секторе, инновационные технологии.

Введение. Современная экономическая действительность показала, что обеспечение качественного и количественного роста эффективности основных процессов в хозяйственном комплексе страны на современном этапе его развития не может осуществляться без инновационных решений востребованных рынком. Одной из областей где инновационные решения способны дать новый импульс к поступательному развитию и, как следствие, развитию смежных областей, является строительный сектор.

Инновационное развитие строительного сектора должно осуществляться в трёх ключевых плоскостях, в частности, это: 1) развитие производственно-технической базы, 2) развитие сырьевой и материальной базы, 3) развитие технологической базы (новых методов строительства). Причём развитие данных областей должно быть синхронным, так как асинхронное развитие нивелирует максимальную эффективность. Одной из перспективных инноваций в строительном секторе является разработка и развитие 3D-принтеров, способных печатать материалами на цементной или иной основе. Данное оборудование основано на использовании технологии аддитивного производства.

Аддитивное производство (быстрое прототипирование или 3D-печать) – это метод изготовления, где слои материала наносятся друг на друга для создания твердого объекта. Аддитивное производство имеет много преимуществ по сравнению с традиционными технологиями, в частности, это скорость производства, низкие издержки, изготовление сложных единичных изделий и прочее. Вектор развития современной промышленности, а также задачи, стоящие перед различными отраслями и сферами деятельности,

сделали возможным развитие практики аддитивного производства и предопределили основные требования к продукции, получаемой за счёт данной технологии [1, 2].

Современные строительные 3D-принтеры – это совокупность самостоятельных машин и иного технологического оборудования разного уровня сложности, объединённых между собой, и представляющих единую технологическую линию, обеспечивающую процесс 3D-печати изделия с заданными параметрами. Основными материалами, используемыми в процессе 3D-печати, являются различные смеси на цементной основе, обладающими свойственными им характеристиками, позволяющими создавать изделия разного уровня сложности, как по структуре, так и по геометрии.

Более широкое использование технологии 3D-печати в строительном секторе по сравнению с другими странами получило в Китае, где на данный момент имеется наибольшее количество возведённых данным методом строений. Это объясняется потребностью Китая в площадях, а также сформировавшейся производственной и технологической базой. С 2016 года китайский опыт возведения и создания помещений с помощью 3D-принтера начал переноситься в ОАЭ, где общая потребность в жилой и коммерческой недвижимости составляет около 30 млн. м². Наряду с Китаем и ОАЭ интерес к 3D-печати бетоном начали проявлять такие страны как Египет, Ирак и Сирия, а также ряд стран Африки и Латинской Америки. По мнению специалистов, широкое распространение серийного производства типовых многоквартирных и индивидуальных домов с помощью 3D-принтеров является вопросом

ближайшего будущего, что предопределяет потенциал аддитивного производства изделий и объектов строительного назначения в перспективе.

Основные тенденции развития мирового рынка 3d-печати бетоном. Согласно результатов отчёта аналитического агентства «Markets and Markets» объём рынка 3D-печати бетоном по итогам 2015 года составил 24,5 млн. долл. США. По их прогнозу к 2021 году он может вырасти до 56,4 млн. долл. США. Следовательно, ежегодный прирост рынка, по мнению агентства, должен составить около 15 %. Исходя из прогнозируемой динамики, на 2017 год объём рынка должен составить около 33 млн. долл. США. Вместе с тем, по результатам собственного исследования агентство «Market research future» оценило мировой рынок 3D-печати бетоном в 98 млн. долл.

США, при этом средний темп роста (по динамике рынков США, стран Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона) оценивается в 20 % до 2023 года.

По нашим оценкам в ближайшее время не стоит ожидать резкого роста объёма мирового рынка 3D-печати бетоном, так как большинство разрабатываемых моделей на конец 2017 года находятся в состоянии тестовых испытаний, конструкторских доводок и подбора рабочих смесей для разных условий печати. Резкий рост рынка 3D-печати бетоном следует ожидать не ранее 2020 года, что связано, в первую очередь, с практикой широкого применения данной техники и результатами эксплуатации созданных ранее объектов (табл. 1 и рис. 1).

Таблица 1

Объём мирового рынка 3D-печати бетоном, млн. долл. США

Источник	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Агентство Markets and Markets (прогноз 2015 г.)	24,5	28,2	32,4	37,3	42,9	49,3	56,4
Экспертная авторская оценка (прогноз 2016 года)	-	21,6	30,8	56	84	147	175
Агентство Market research future (прогноз 2017 г.)	x	x	98	117,6	141,12	169,3	203,2

Источник: www.3dtoday.ru, www.marketsandmarkets.com, www.marketresearchfuture.com

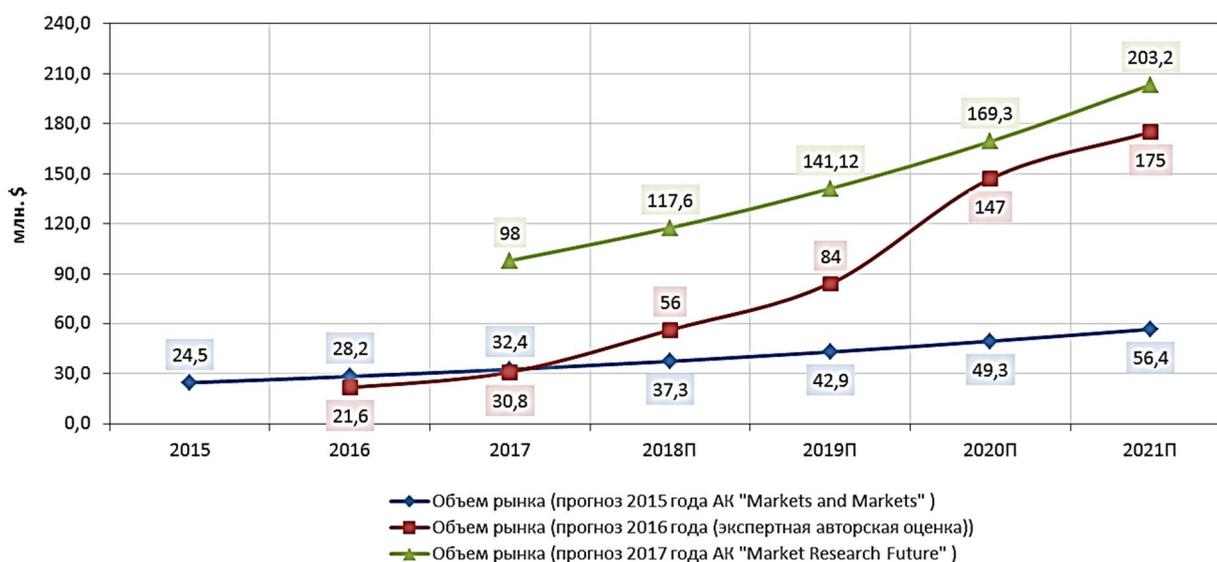


Рис. 1. Объём и прогнозная динамика мирового рынка 3D-печати бетоном, млн. \$

При определении данных значений агентства опирались на собственные исследования, в основе которых лежали опросы производителей оборудования, а также объёмы заказов на строительном рынке и подрядных строительных работ.

Наибольший интерес к строительным 3D-принтерам, как было определено выше, прояв-

ляет Китай, страны Ближнего Востока (Ирак, Сирия), Египет, Индия, а также ряд стран Африки и Латинской Америки. Совокупная потребность в дешёвой жилой и коммерческой недвижимости в данных регионах огромна. Например, согласно планам, утвержденным Госсоветом КНР, с 2011 по 2015 год по программе доступного жилья было реализовано 36 млн. квартир, т.е. ежегодно

сдавалось в среднем по 7,2 млн. квартир ежегодно. При этом по программам, принятым на 2016–2020 гг. темпы ввода нового жилья должны увеличиться на 15–20 %. Данная программа позволит обеспечить собственным комфортным современным жильём около 30 % населения страны. Наряду с жилищным строительством, приняты аналогичные программы по промышленному строительству. Не менее интересными являются строительные рынки Ирака и Сирии. В связи с военными действиями, проходящими на территории данных государств, значительное количество зданий, сооружений и элементов инфраструктуры было разрушено. Окончание активных боевых действий поставит перед государством задачи по восстановлению разрушенной инфраструктуры и, как следствие, сформирует спрос на строительные материалы и услуги, в том числе и на изделия, полученные с помощью 3D-печати, в силу географических и климатических особенностей Ближнего Востока, а также уровнем их платежеспособности. Кроме этого, решение проблем обеспеченности населения жильём стоит и в Индии, ряде государств Африки и Латинской Америки. В некоторых странах 3D-печать бетоном рассматривается как альтернативная технология восстановления зданий и сооружений после природных катаклизмов, а также реализации различных программ капитального ремонта существующего жилого фонда и объектов коммерческой недвижимости. Таким образом, к 2021 году исходя из динамики развития строительных рынков стран и производственных мощностей, при сохранении существующих тенденций, следует ожидать увеличение объема рынка 3D-печати бетоном в среднем от 150 до 200 млн. долл. США с ежегодными темпами роста в 18–22 %.

Исследование существующей рыночной динамики, а также текущих отраслевых тенденций

позволило сделать вывод о том, что до 2019 года рынок 3D-печати бетоном не сможет превысить 40 млн. долл. США. Рост рынка в основном будет формироваться за счёт спроса на изделия в корпоративном секторе (производство сложных изделий или элементов конструкций), при этом, несмотря на существующий интерес со стороны крупных производителей, устойчивый спрос на потребительском рынке может сформировать лишь к 2021–2022 году.

Особенности мирового рынка 3d-печати бетоном. Рынок 3D-печати бетоном является сложным и неоднородным образованием, включающим несколько самостоятельных областей, в частности:

- рынок строительных 3D-принтеров (принтеров, печатающих бетоном или иными смесями на основе цемента, включенных в агрегированную производственную систему, состоящую непосредственно из самого принтера и дополнительных механизмов);
- рынок специальных бетонов для аддитивной печати, используемых в качестве расходных материалов для строительных 3D-принтеров;
- рынок строительных, архитектурных, дизайнерских услуг;
- рынок специализированного программного обеспечения.

На рис. 2 представлена структура мирового рынка 3D-печати бетоном по объёму продаж в денежном выражении. Наибольший объём продаж приходится на расходные материалы, что объясняется постоянной потребностью в смесях, пригодных для использования в технологии 3D-печати, а также постоянным совершенствованием рецептуры смесей посредством комбинирования бетонов с различными функциональными добавками.

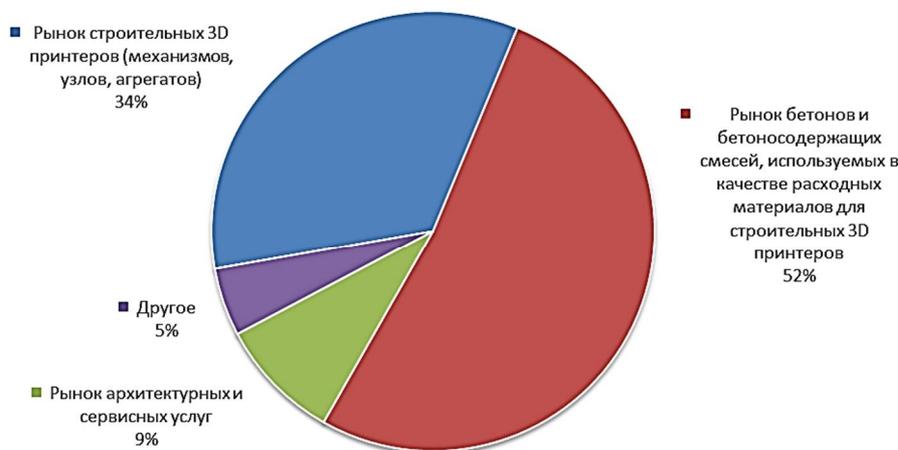


Рис. 2. Поэлементная структура мирового рынка 3D-печати бетоном, %
(Источник: www.3dtoday.ru)

Несмотря на кажущуюся самостоятельность, данные элементы находятся во взаимной зависимости, определяемой существующими рыночными тенденциями, а также существующей технико-технологической базой.

Рынок 3D-печати бетоном состоит из трёх основных сегментов:

1. Жилищное строительство;
2. Промышленное строительство;
3. Создание различных архитектурных форм.

Наибольшую долю рынка занимает 3D-печать жилых зданий. Данная тенденция обуславливается постоянно растущим спросом на жилые строения, с определенными требованиями по техническому оснащению, инвестициям, экологичности и пр. Данной тенденции способствует существующие темпы урбанизации и увеличения количества населения. Промышленное использование строительных 3D принтеров, по сравнению с жилищным сектором, имеет меньшую долю рынка, ввиду специфики получаемого продукта и её узкой направленностью. Архитектурное использование строительных 3D принтеров, также имеет не значительную долю в общем объеме производства, в связи с незначительными объемами требуемой продукции.

Широкое распространение аддитивные технологии в рассматриваемых областях ещё не получили в основном из-за того, что современное цифровое производство не обладает всеми нужными характеристиками для того, чтобы стать одним из методов массового строительства

По результатам исследований, проводимых различными агентствами, можно утверждать, что с 2015 года начинается постепенная адаптация 3D-печати бетоном к требованиям, предъявляемым к современному жилью, при котором тестовые и экспериментальные образцы оборудования постепенно переходят к серийному производству.

На современном рынке 3D-печати бетоном можно заметить диссонанс между возводимыми (создаваемыми) объектами и количеством разработок в данной области. В частности, наибольшее количество строительных и иных архитектурных объектов, созданных с помощью 3D-принтеров, приходится на страны Азиатско-Тихоокеанского региона (в основном на Китай и Индию). При этом наибольшее количество реализуемых технологических решений, как в области оборудования, так и расходного материала приходится на страны Европы (Нидерланды, Италия, Великобритания).

Наряду с нарастающей конкуренцией производителей оборудования для 3D-печати бетоном,

начинает усиливаться конкуренция среди производителей расходных материалов, предлагающих свои рецептуры смесей и добавки к ним. Так, с 2014 по 2016 год было разработано около 20 видов различных добавок для печати с помощью 3D-принтеров, влияющих на скорость твердения и пластичность используемого материала. Практически в большинство групп компаний-разработчиков оборудования для 3D-печати бетоном входят производители цемента и иных подобных материалов. Несмотря на это, 60 % разработанного оборудования ориентируется на использование не специальных растворов, а стандартных строительных смесей на основе цемента. Кроме этого, существует достаточно большое количество предприятий-производителей специальных добавок, влияющих на время твердения бетона. Среди импортных производителей специалисты выделяют продукцию компаний Meycosa, BASF (Delvo Grete), Sika (Sigunit), Mapei (Mapequik), MC Bauchemia. Среди отечественных производителей ускорителей выделяют компанию Полипласт (Реламикс Торкрет) Эм-Си Баухеми (Центрамет Рапид), Т-Хим.

Около 20 % разработанных и тестируемых моделей 3D-принтеров являются разработками, создаваемыми для программ освоения Луны (построения объектов на поверхности Луны с целью размещения космонавтов, космических аппаратов и иных специальных технических средств), что повлияло на конструктивные особенности оборудования и используемые расходные материалы. Данные проекты более сложные в технологическом плане, относительно изделий, ориентированных непосредственно на «земное» использование. По мере тестирования созданных прототипов и их практической апробации большая часть разработок начинает ориентироваться на коммерциализацию и начало потребительской эксплуатации. По мере развития нормативно-правовой базы, регулирующей особенности создания объектов недвижимости с помощью 3D-принтеров, количество коммерциализированных типов оборудования увеличится, а также увеличится предлагаемый модельный ряд.

Российский рынок 3d-печати бетоном: особенности, тенденции, факторы. На сегодняшний момент российский рынок 3D-печати бетоном находится на ранней стадии своего развития, при этом эксперты не ожидают быстрого роста сегмента в среднесрочной перспективе. Данный рост стоит ожидать с некоторой временной «оттяжкой», связанной необходимостью технологической, продуктовой и рыночной адаптации потребителей, а также с преодолением противодействия представителей традиционных технологических решений. Российский рынок 3D-печати

бетоном напрямую зависит и определяется в основном тенденциями, происходящими на строительном рынке, а также тенденциями в области архитектуры и декоративного оформления.

В России технология 3D-печати бетоном широко применяется при создании малых архитектурных форм. Их доля составляет около 40 % от всех произведенных аддитивным методом изделий строительного назначения. Кроме этого,

3D-принтеры также широко используются при производстве мастер-моделей, используемых в дальнейшем в производстве изделий методом литья. Основные сферы применения технологии 3D-печати бетоном в России по итогам 2016 года по количеству произведенных изделий и созданных объектов представлены на рис. 3.

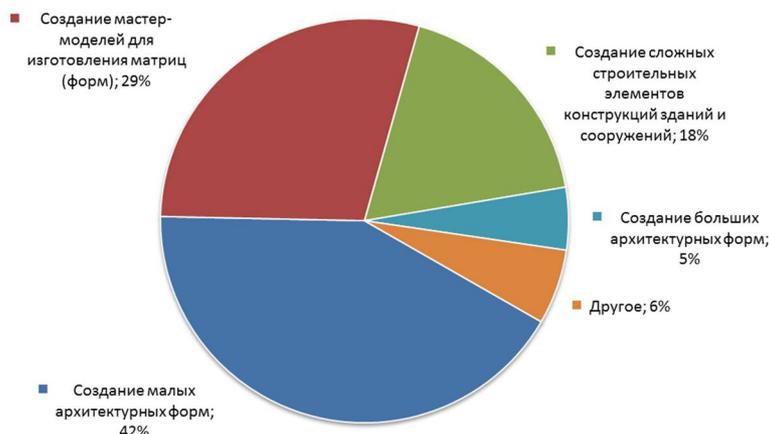


Рис. 3. Сферы применения технологии 3D-печати бетоном в России в 2016 году (по количеству созданных объектов) (авторская оценка)

Использование аддитивных технологий в выделенных областях не может дать резкого толчка к их развитию ввиду небольшой конечной стоимости получаемых изделий и небольшой социально-экономической значимости.

В целом существующая динамика российского рынка 3D-печати бетоном имеет положительную динамику. Она определяется существующими тенденциями в строительной сфере, а

также запросом потребителей и застройщиков в быстром и качественном строительстве.

Объём российского рынка 3D-печати бетоном в 2016 году оценивался экспертами в среднем в 4,5 млн. \$. Средний темп роста данного рынка в среднесрочной перспективе составит около 5 %, а в долгосрочной до 7 % в год. В табл. 2 представлена прогнозная динамика объёма российского рынка 3D-печати бетоном на 2018–2022 годы.

Таблица 2

Объём российского рынка 3D-печати бетоном за период 2016 – 2022 гг. (млн. долл. США) (авторская оценка)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Объём рынка	4,5	4,73	4,96	5,21	5,47	5,85	6,26

В 2016 на территории России было реализовано около 100 единиц 3D-принтеров различных модификаций, использующих в качестве рабочей смеси бетон и другие цементные растворы. Около 70 % техники произведено отечественными и китайскими предприятиями. По мнению большинства экспертов, доля отечественных разработок в совокупном объёме продаж будет снижаться по мере развития, адаптации и удешевления технико-технологических решений европейских производителей, и составит на конец 2022 года около 50 %. Большая часть приобретённой техники используется как самостоятельный технологический комплекс (84 %), при этом в

16 % случаях 3D-принтеры используются как часть более сложной технологической последовательности по созданию отдельных элементов конструкций.

Современный российский рынок 3D-печати бетоном имеет достаточно условные границы, формирующиеся за счёт динамики и конъюнктуры строительного рынка страны. Вследствие этого, структура факторов влияния при разных условиях развития рынка 3D-печати бетоном будет различна. Исследования рынка 3D-печати бетоном позволило выделить и оценить степень влияния факторов, влияющих на его развитие (табл. 3).

Оценка степени влияния выделенных факторов выполнена по результатам исследования тенденций и перспектив развития отрасли, на которые наиболее часто ссылаются производители и разработчики оборудования. В частности, были

проанализированы данные по загрузке производственных мощностей предприятий, выпускающих железобетонные изделия, объем фактических и перспективных строительных работ, тенденции и потребительские предпочтения в области индивидуального жилищного строительства.

Таблица 3

Факторы, оказывающие влияние на развитие российского рынка 3D-печати бетоном
(авторская оценка)

Фактор	Степень влияния, %
Существующие и используемые технологии строительства зданий и сооружений	78
Нормативно-правовые акты, определяющие требования к элементам конструкций, созданных с помощью технологии 3D печати	74
Существующие и используемые технологии производства строительных изделий и элементов конструкций	68
Сложившиеся схемы отношений производителей на строительном рынке, а также сформировавшиеся цепи поставок продукции	52
Тенденции в области проектирования и декорирования помещений	49
Ориентированность потребителей на использование технологии 3D печати бетоном при возведении индивидуальных строений и их декорировании	48
Уровень спроса на изделия, полученные с помощью 3D печати бетоном	42
Эстетичность и функциональность изделий, полученных с помощью технологии 3D печати бетоном	39
Другое	35

Одним из наиболее значимых и определяющих факторов, оказывающим влияние на развитие рынка 3D-печати бетоном в России, является отсутствие соответствующих СНиПов и других регулирующих документов, определяющих требования к структуре бетонной смеси, качественным характеристикам получаемых изделий и пр. Данное положение затрудняет самостоятельное использование технологии 3D-печати бетоном в массовом строительстве. При этом, индивидуальное строительство не сможет дать достаточный толчок развитию данной сферы деятельности. Также, существующие технологии 3D-печати бетоном недостаточно разработаны для строительной отрасли, и составить конкуренцию традиционному строительству не могут. Наряду с представленными в табл. 1 ключевыми факторами влияния, существуют и другие факторы, оказывающие влияние на развитие рынка 3D-печати бетоном, выделяемыми специалистами и исследователями в данной области. Так, при обзоре сценариев развития технологии 3D-печати, инженер С. Зотов выделяет 3 группы факторов, влияющих на российский рынок 3D-печати бетоном – 1) Дизайн; 2) Технологичность; 3) Материалы (табл. 4).

Несмотря на то, что технология 3D-печати обладает рядом преимуществ, она также не исключает ограничений для своего применения и использования. Общие ограничения в использовании 3D принтера представлены в табл. 5.

Выделенные факторы и ограничения, оказывающие влияние на развитие российского рынка 3D-печати бетоном, определяют те границы и условия, в которых и формируется данный сегмент и направления его развития.

Перспективы развития российского рынка 3d-печати бетоном. Индустрия 3D-печати переживает важнейший этап становления и развития, переходя из статуса высокотехнологичной, но имеющей неопределенные перспективы диковинки, в разряд необходимых в производстве и быту отрасли, способной гарантированно производить реальные, инновационные, сложные и качественные продукты с меньшими затратами материалов, электроэнергии и расходами на обслуживание. 3D печать, по мнению ряда специалистов, является новой вехой технологического развития.

Одной из областей, где технологии 3D-печати смогли найти своё применение, является строительство и архитектура. Строительная 3D-печать имеет свои особенности, в частности: процесс трехмерной печати использует столько материала, сколько требует объект; трехмерный процесс печати позволяет разработчикам проектировать структуры, которые трудно изготовить, используя текущую практику ручной работы; поскольку большинство трехмерных процессов печати сильно автоматизированы, то трудозатраты, необходимые в процессе

строительства, могут быть значительно уменьшены; при использовании 3D-печати время строительства сокращается практически в 2 раза по сравнению с традиционной технологией строительства.

Таблица 4

Факторы и условия, оказывающие влияние на развитие российского рынка 3D-печати бетоном по С. Зотову [3]

Группа	Факторы влияния
ДИЗАЙН	<p>1. Строительные 3D-принтеры, в первую очередь, позволяют отказаться от традиционных привязок к существующим стандартным размерам строительных элементов. Аддитивные технологии позволяют сосредоточиться исключительно на назначении строительных объектов и изделий, на особенностях его использования без привязки к существующим строительным элементам. Кроме этого, строительные объекты, имеющие индивидуальную архитектурную форму, не будут отличаться от стоимости зданий и сооружений, имеющих типовую стандартную форму.</p> <p>2. Аддитивные технологии позволяют наиболее полно раскрыть фантазию дизайнера или архитектора. По сути, изделия, получаемые с помощью 3D-принтера, могут быть любой формы, без существенных ограничений. Например, здание может проектироваться не только в горизонтальном разрезе, но и в вертикальном, не в этажах и уровнях, а, например, зонами и участками. Использование технологии 3D-печати, например, позволяет создавать здания без фундамента типа «кокон» на болотистом грунте и в условиях вечной мерзлоты. В холодном климате могут создаваться здания оптимизированной конструкции, имеющей минимальную площадь поверхности и наибольший полезный объём, что позволит, например, обеспечить экономии тепловой энергии и увеличить период автономного функционирования объекта.</p> <p>3. Наряду с энергоэффективными конструкциями, аддитивные технологии можно использовать для быстрого создания купольных зданий сложных геометрических форм с минимальными издержками на строительство. Данная технология сможет разнообразить архитектурный ландшафт, в котором купола, своды и арки могут выступать как обычные элементы зданий и сооружений.</p>
ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ	<p>4. Использование 3D-принтера позволит автоматизировать некоторые этапы процесса строительства и снизить его трудоёмкость за счёт высвобождения рабочей силы и обеспечения круглосуточной работы.</p> <p>5. Со снижением трудоёмкости использование 3D-принтера позволит сократить сроки строительства вследствие высокой производительности оборудования данного типа.</p> <p>6. Использование 3D-принтера в строительстве как основной производственной единицы позволит добиться высокой прогнозируемости сроков строительства, что в свою очередь, позволит нивелировать риски нарушения плановых сроков сдачи и ввода готовых объектов.</p> <p>7. Строительство с помощью 3D-принтера легко масштабируется до 2-3 этажного строительства. В высотном строительстве может быть применён как поэтажный перенос печатного оборудования, так и печать отдельных элементов на стационарном принтере, складывающихся по принципу «Lego».</p> <p>8. Кроме использования 3D-принтера в области строительства зданий и сооружений, он может быть применён при производстве геометрических сложных объектов, используемых как элементы сборных строительных конструкций.</p> <p>9. Внедрение технологии 3D-печати предполагает переход к роботизации производственных процессов, создание подобия конвейера, что в свою очередь заставит смежные отрасли встраиваться в данный процесс, и влиять на него.</p>
МАТЕРИАЛЫ	<p>10. Особенности функционирования и работы 3D-принтера позволяет получить многослойные тепло- и звукоизолированные изделия, различного функционального назначения. Также можно добиться чередования материалов, в зависимости от назначения, места и области использования изделия (строения).</p> <p>11. 3D-принтер может использовать в процессе производства различные материалы, как уже имеющиеся, так и перспективные. Данная технологическая особенность обеспечивается за счёт сменности навесного оборудования (экструдеров) и перенастройки агрегатированной техники.</p> <p>12. При создании изделий, используемых в дальнейшем в процессе строительства зданий и сооружений, на этапе проектирования и разработки 3D-модели здания, могут быть сразу созданы каналы для различных коммуникаций – электропроводки, вентиляции, систем водоснабжения, отопления и пр.</p>

Группа	Факторы влияния
	<p>13. Технология возведения зданий методом 3D-печати позволяет обеспечить максимальную эффективность в использовании строительных материалов, исключая их порчу, хищение, а также расточительство в использовании, ввиду наличия систем автоматической подготовки и подачи печатного материала к печатающей головке. Кроме этого, регулирование толщины стен по высоте здания позволит снизить затраты печатного материала.</p> <p>14. Технология 3D-печати исключает образование на стройплощадке мусора, что оказывает благоприятное воздействие на экологию и окружающую среду, а также снижает издержки, связанные с перемещением, складированием и вывозом строительного мусора.</p>

Таблица 5

Общие ограничения использования строительных 3D-принтеров и аддитивных технологий [4, 5, 6]

Тип ограничения	Комментарии
Экономические	<ul style="list-style-type: none"> – использование 3D принтера нецелесообразно, если организация имеет ограничения и растянутые во времени графики финансирования строительства; строительство из блоков или кирпича, а также монолитное строительство позволяют прерывать и возобновлять процесс в зависимости от финансовых возможностей и наличия ресурсов; – для получения качественной бетонной смеси необходимо использовать бетон высоких марок, что увеличивает стоимость строительства; – стоимость эксплуатации и обслуживания 3D принтера значительно выше, чем стоимость обслуживания обычной строительной техники и стандартной организации труда рабочих.
Химические	<p>Химические ограничения касаются особенностей использования добавок, усиливающих действие для бетона, без опасности ухудшения его качества на всех этапах работы оборудования (например, в момент нахождения рабочей смеси в печатающей головке она не должна застывать и застаиваться, а при формировании слоя необходимо обеспечить быстрое схватывание и твердение смеси для непрерывного нанесения последующих слоёв и обеспечения требуемого уровня связки между ними)</p>
Технологические	<ul style="list-style-type: none"> – особые требования к строительной площадке – месту расположения принтера (например, если используется строительный принтер на рельсовом ходу, то необходима ровная площадка для укладки направляющих рельсов; если конструкция 3D принтера не предполагает изменение местоположения опор в пространстве при работе, то необходимо обеспечить соблюдение вертикального и горизонтального уровня для опор принтера); – обеспечение высокой подвижности бетонной смеси на мелком заполнителе, для того, чтобы можно было обеспечить её транспортировку по бетоноводу с помощью насоса, и в то же время, её быстрой схватываемости и сохраняемости; – особенности обеспечения эффективного функционирования всей технологической линии (т.е. ограничения, связанные с обеспечением технологического процесса электроэнергией, постоянной подачей рабочей смеси и пр.); – двух или четырёх опорная конструкция требует определённой конфигурации и устройства строительной площадки, что в свою очередь будет вызывать сложности при монтаже принтера, и, как следствие, сложность в использовании при различных ограничениях по месту размещения. При этом многочленная консольная конструкция манипуляторного типа будет обладать небольшой жесткостью, и обеспечивать невысокую скорость работ; – технология 3D печати может применяться только на одном участке строительства, т.к. её перемещение, во-первых, нарушит протекание технологического процесса, а, во-вторых, транспортировка является сложным и ответственным процессом; – отсутствие возможности подачи на большую высоту, т.к. смесь начинает затвердевать еще в трубопроводе; – сложность армирования конструкции, что делает невозможным применение технологии в многоэтажном строительстве, а также в геонеустойчивых районах;

Тип ограничения	Комментарии
	– эффективное функционирование комплекса будет зависеть от программного обеспечения, позволяющего осуществлять оперативное управление основными технологическими процессами, отражать необходимые параметры и пр.;
Нормативно-правовые	На настоящий момент нормативная и законодательная база, определяющая особенности использования и эксплуатации 3D принтера отсутствует, что ограничивает его применение в массовой застройке и использование строительными компаниями. Вследствие этого, устройства данного типа применяются в основном в малоэтажном строительстве, а также для производства малых архитектурных форм.
Материальные	Основным препятствием в развитии технологии строительной 3D печати является отсутствие строительного материала, который был бы прочным, быстро застывал и держал форму. Традиционные бетон здесь не подходит, а новые материалы, рецептура которых предлагается непосредственно разработчиками данного оборудования, требуют тщательных и долговременных испытаний. Поэтому прежде чем возводить 3D-дома разработчики ориентируются на печать отдельных элементов, блоков, которые впоследствии могут быть использованы для серийного строительства полноценных зданий и сооружений.

В области строительной 3D-печати шли и продолжают идти активные эксперименты, результатом которых стало создание и производство первых серийных образцов. В ближайшее время строительная 3D-печать, скорее всего, начнёт выходить на массовый рынок и найдет своё широкое распространение там, где имеется высокий интерес в создании простых типовых и быстровозводимых строительных объектов (в основном это страны Азии и Ближнего Востока). Однако, на наш взгляд, не стоит ожидать начала повсеместного использования новых технологических решений и подходов в строительстве, вследствие недостаточной развитости нормативно-правовой базы, а также сформировавшихся традиций в применении существующих технологий.

На сегодняшний момент, строительная 3D-печать используется при создании малых архитектурных форм и элементов строительных конструкций. Вместе с тем наблюдается тенденция к созданию больших архитектурных форм и помещений только посредством 3D печати, на что указывает существующие разработки и исследования.

Широкое распространение 3D-печати в строительстве обещает принести с собой высокую автоматизацию строительных процессов, предельное упрощение технологических цепочек в строительной отрасли, снижение доли ручного труда в строительстве, так же, как и вообще в строительной индустрии. Данные тенденции позволят сделать строительство намного быстрее и дешевле, что повлечет за собой значительное снижение стоимости строительства жилья и различных конструкций.

Трёхмерная печать является тем решением, которое способно решить многие проблемы в

строительной отрасли. Однако, существует несколько требований, таких как масштаб проекта и материалы для печати, которые должны быть выполнены для того, чтобы технология печати имела максимальный потенциал. Эти требования ограничивают использование трёхмерной печати в строительной отрасли. Тем не менее, по мере совершенствования технологии для устранения ограничений, применимость трёхмерной печати будет соответствующим образом расширена.

Выводы. Специалисты отмечают, что интенсивное развитие 3D-строительства как в России, так и других странах получит своё развитие в следующем десятилетии после того, как будет пройден этап научных исследований и необходимых сертификаций. Кроме этого, должно сформироваться потребительское понимание особенностей и принципов возведения объектов с помощью строительных 3D принтеров, а также их отличий от традиционных подходов к строительству.

Несмотря на значительные преимущества по сравнению с традиционными технологиями, на данный момент 3D-строительство не может использоваться в качестве ведущей, способной заменить многие традиционные методы производства. Потенциал технологии ограничивается отсутствием широкомасштабной реализации, развитием моделирования информации о зданиях, требованиями массовой застройки и стоимостью жизненного цикла печатных проектов. Поэтому ожидается, что в этих областях будут проводиться дальнейшие интенсивные исследования в целях расширения применимости трёхмерной печати в строительной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елистраткин М.Ю., Лесовик В.С., Алфинова Н.И., Глаголев Е.С. О развитии технологий строительной печати // Вестник Белгородского

государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 5. С. 11–19.

2. Оспищев П.И. Конструктивное и деструктивное влияние технологии 3D-печати на инновационное развитие строительного сектора // В сб.: Application of new technologies in management and economy (ANTiM 2018). Belgrade, 2018. Т.2. С. 365-381.

3. Технология 3D печати зданий, сооружений и отдельных архитектурных форм. Обзор сценариев развития [Электронный ресурс]. URL: <http://evo7day.ru/text/text-3d-review.pdf> – Загл. с экр. (дата обращения: 18.10.2017).

4. 3D принтер в строительстве малоэтажных домов [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.helpbeton.ru/3d-printer-v-stroitelstve-maloetazhnykh-domov-segodnyashnyaya-realnost.html> – Загл. с экр. (дата обращения: 20.10.2017).

5. Первый опыт печати зданий на 3D-принтере [Электронный ресурс]. URL: 3today.ru/blogs/specavia/first-experience-printing-on-building-a-3d-printer - (дата обращения: 19.10.2017).

6. Технология 3D печати зданий, сооружений и отдельных архитектурных форм. Обзор сценариев развития [Электронный ресурс]. URL: <http://evo7day.ru/text/text-3d-review.pdf> – Загл. с экр. (дата обращения: 18.10.2017).

Информация об авторах

Оспищев Петр Иванович, заместитель начальника Управления научно-исследовательских работ. E-mail: nich_unir@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июле 2018 г.

© Оспищев П.И., 2018

^{1,*}*Ospishchev P.I.*

¹*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46*

**E-mail: nich_unir@mail.ru*

INDUSTRY CHARACTERISTICS AND DYNAMICS OF MARKET INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION SECTOR

Abstract. *The article reviews industry characteristics of the global and Russian 3D printing in construction markets with cement-based materials. The trends of global construction printing industry based on additive technologies and development dynamics at different time intervals are examined. Advantages and disadvantages of using innovative technologies in the modern Russian construction sector are considered. The key factors that influence the development of Russian market of construction printing, features and trends are analyzed. The conclusion is reached about perspectives to use additive technologies in construction market and its potential importance for economy.*

Keyword: *construction 3D printers, concrete 3D printing, additive manufacturing, innovations in construction industry, innovative technologies.*

REFERENCES

1. Elistratkin M.Yu., Lesovik V.S., Alfimova N.I., Glagolev E.S. On the development of construction printing technologies. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 5, pp. 11–19.

2. Ospishchev P.I. Constructive and destructive influence of 3D printing technology on the innovative development of the construction sector. In Proc. : Application of new technologies in management and economy (ANTiM 2018). Belgrade, 2018, vol. 2, pp. 365–381.

3. Technology of 3D printing of buildings, structures and individual architectural forms. Review of development scenarios [Electronic resource].

URL: <http://evo7day.ru/text/text-3d-review.pdf> - Title. from the screen (the date of the appeal: 10/18/2017).

4. 3D printer in the construction of low-rise buildings [Electronic resource]. URL: <http://www.helpbeton.ru/3d-printer-v-stroitelstve-maloetazhnykh-domov-segodnyashnyaya-realnost.html> - Title. from the screen (the date of the appeal: 10/20/2017).

5. The first experience of printing buildings on a 3D-printer [Electronic resource]. URL: 3today.ru/blogs/specavia/first-experience-printing-on-building-a-3d-printer - (appeal date: 10/19/2017).

6. Technology of 3D printing of buildings, structures and individual architectural forms. Review of development scenarios [Electronic resource].

URL: <http://evo7day.ru/text/text-3d-review.pdf> - Title. from the screen (the date of the appeal: 10/18/2017).

Information about the author

Ospishchev, Petr I. E-mail: nich_unir@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in July 2018

Для цитирования:

Оспищев П.И. Отраслевые особенности и динамика развития рынка инновационных технологий в строительном секторе // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №10. С. 157–167. DOI: 10.12737/article_5bd95a7f7bb9d6.94467671

For citation:

Ospishchev P.I. Industry characteristics and dynamics of market innovative technologies in the construction sector. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 10, pp. 157–167. DOI: 10.12737/article_5bd95a7f7bb9d6.94467671