

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

2020, №1, Том 12 / 2020, No 1, Vol 12 <https://esj.today/issue-1-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/34SAVN120.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Берсенева М.Л., Клиндух Н.Ю., Данченко Т.В., Якшина А.А. Экономическая эффективность аддитивных технологий в строительной отрасли // Вестник Евразийской науки, 2020 №1, <https://esj.today/PDF/34SAVN120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Berseneva M.L., Klinduh N.Yu., Danchenko T.V., Yakshina A.A. (2020). Economic efficiency of additive technologies in the construction industry. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(12). Available at: <https://esj.today/PDF/34SAVN120.pdf> (in Russian)

УДК 69.05:004.356.2

Берсенева Мария Леонидовна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Инженерно-строительный институт
Доцент кафедры «Строительные материалы и технологии строительства»
Кандидат биологических наук
E-mail: mari-leonm@yandex.ru

Клиндух Надежда Юрьевна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Инженерно-строительный институт
Доцент кафедры «Строительные материалы и технологии строительства»
Кандидат технических наук
E-mail: NKlindukh@sfu-kras.ru; profkom/sfu@yandex.ru

Данченко Тамара Владимировна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Институт архитектуры и дизайна
Старший преподаватель кафедры «Геометрическое моделирование и компьютерная графика»
E-mail: Danchenko_53@inbox.ru

Якшина Александра Алексеевна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Инженерно-строительный институт
Старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и технологии строительства»
E-mail: sestra@yandex.ru

Экономическая эффективность аддитивных технологий в строительной отрасли

Аннотация. В данной статье предметом для обсуждения выбран вопрос применения аддитивных технологий на современном этапе развития строительной отрасли. Методом сравнительного анализа была определена экономическая эффективность внедрения данных технологий на стадии проектирования, создания трехмерных проекционных моделей и ведения строительных работ со значительным уменьшением применения ручного труда, уменьшения сроков и материальных затрат на строительные работы. Определена основная задача для повышения экономической эффективности возведения строительных объектов – это совершенствование технологий производства бетонных смесей как сырья для 3D-принтеров различной модификации. В статье приведены характеристики современных типов строительных 3D-принтеров, рассмотрены этапы 3D-печати и приведены данные ожидаемого

снижения материальных затрат на изготовление элементов строительных объектов и возведения строительных сооружений при применении данных технологий.

Ключевые слова: аддитивные технологии; 3D-принтеров; строительная отрасль; научно-технические достижения; экономическая эффективность

Использование технологии 3D-печати в различных отраслях промышленного производства в настоящее время можно охарактеризовать как научно-техническую революцию, происходящую на современном этапе развития промышленности. Благодаря непрерывному совершенствованию программного обеспечения электронной вычислительной техники использование технологии 3D-печати или, аддитивного производства, позволили использовать данную технологию не только в медицине, машиностроении и авиакосмической отрасли, но и в современной строительной промышленности рис. 1 наиболее развитых стран мира.



Рисунок 1. Строительный 3D-принтер
(разработано http://ru.wikipedia.org/wiki/мрѣхмерная_печать)

При проектировании строительных объектов, применение 3D принтеров позволяет создавать трехмерные проекционные модели с высокой точностью передачи. Это позволяет изготавливать прототипы, которые дают возможность оценить безопасность сборки, удобство и функциональность изделия, и определение ошибок перед отправлением в промышленное производство. И более того, современные строительные 3D-принтеры позволяют изготавливать готовые объекты в целом.

Основная часть. Экономическая эффективность аддитивных технологий

Ключевым вопросом широкого развития 3D технологии в строительной промышленности России, является подбор строительного материала, необходимой прочности, времени застывания и способности удерживать форму. Поэтому совершенствование технологии производства бетонных смесей для аддитивной технологии в строительной промышленности в России является основополагающей задачей для уменьшения финансовых затрат и сокращения сроков строительных работ, необходимого для повышения экономической эффективности возведения строительных объектов.

При этом аддитивные технологии, предполагающие увеличение экономической эффективности строительных работ, имеют свои достоинства и недостатки, воздействующие на результат их использования (табл. 1). Не смотря на недостатки, присутствующие на современном этапе использования аддитивных технологий в строительной отрасли, достоинства данных технологий, несомненно, позволяют кардинально изменить соотношение экономических факторов в данной отрасли.

Таблица 1

Достоинства и недостатки аддитивных технологий

Достоинства	Недостатки
значительное сокращение сроков возведения строительных объектов	высокая стоимость оборудования
отсутствие отходов строительного производства	недостаток специалистов соответствующей специализации
снижение использования ручного труда	отсутствие строительной смеси при строительстве в зимних условиях
производство строительных объектов сложной геометрической формы	
снижение себестоимости строительного объекта	
экологическая безопасность строительного производства	

Исторические данные, говорят о том, что первые 3D принтеры появились в середине XX века. Использование данной технологии в строительной отрасли получило применение в последние десятилетия XXI века крупными зарубежными строительными компаниями. Ввиду недостаточного материального обеспечения данная технология в строительной отрасли на территории России в настоящий момент находится на ранних стадиях внедрения.

В мировой практике применение строительного 3D-принтера приобрело широкое распространение при изготовлении небольших строительных конструкций в виде строительных блоков и даже целых домов.

Использование аддитивных технологий в местностях, пострадавших от стихийных бедствий, требующих в минимальное время возведения большого количества строительных объектов, позволит обеспечить жильём большое количество людей с минимальными временными и материальными затратами. Неотъемлемой составляющей процесса возведения строительных объектов, с применением 3D-технологий, является осуществление строительных работ без применения большого количества ручного труда, влияющего на время осуществления строительных работ, и влечет значительные материальные расходы на протяжении всего срока строительства.

Целью работы является исследование эффективности использования 3D-печати в строительной сфере.

Методы и материалы

Аддитивная технология основана на принципе послойного изготовления объекта, на основе виртуальной модели, при этом в память компьютера закладывается трехмерная модель будущего строительного объекта, нарезанная на множество тонких слоев (рис. 2).

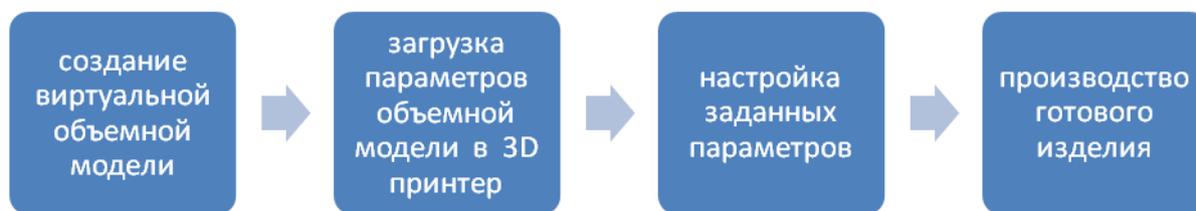


Рисунок 2. Этапы 3D-печати (составлено автором)

На современном этапе при изготовлении отдельных конструкций и изделий методом трехмерной печати для строительства зданий и сооружений, возможно использование различных составляющих мелкозернистого фибробетона со специальными добавками, пескобетона и других геополимерных составляющих. Применение данной технологии может привести к значительному снижению себестоимости строительных работ (рис. 3, 4).

Для того чтобы иметь возможность применить научно-технические достижения в области данной технологии, изученной и опробованной российскими учеными, необходимы материальные и интеллектуальные вложения в развитие этой отрасли. На данный период российскими и зарубежными учеными разработаны модели 3D принтеров, которые имеют различные характеристики и модификации и также свои преимущества, и недостатки при использовании в различных условиях (табл. 2).

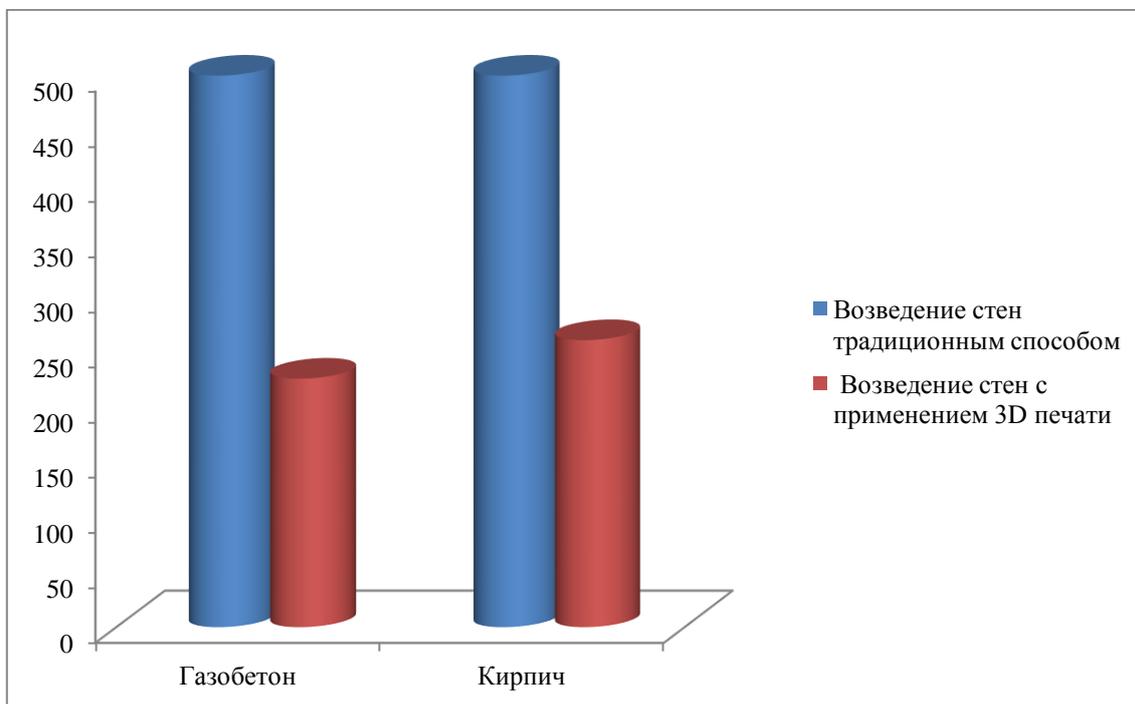


Рисунок 3. Ожидаемое снижение стоимости возведения строительных сооружений при применении технологии 3D-печати (составлено автором)

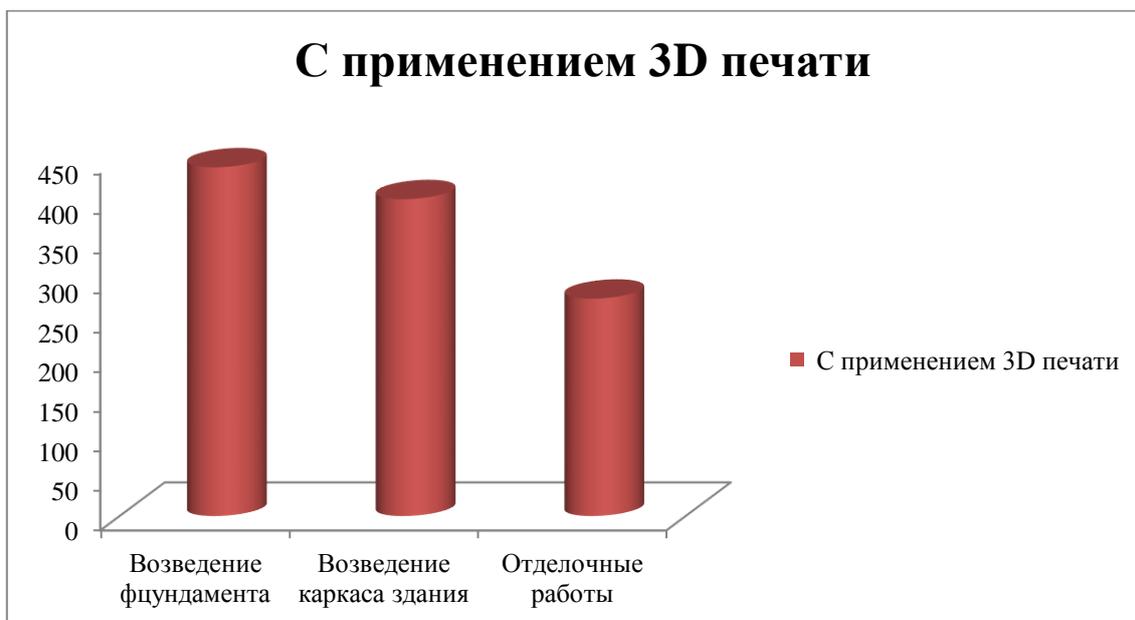


Рисунок 4. Ожидаемое снижение стоимости возведения элементов строительных объектов при применении технологии 3D-печати (составлено автором)

Таблица 2

Типы строительных 3D-принтеров

Тип 3D принтера	Характеристика	Преимущества	Недостатки
портальный	печатающая головка перемещается в пределах рабочей зоны, осуществляется движение в трех взаимно-перпендикулярных направлениях	простота, надежность, низкая стоимость	затраты на установку оборудования в проектное положение, большие габариты
с дельта-приводом (трех осевые)	печатающая головка держится на трех тросах (штангах) и высокой рамы, на которой закреплены машины управляющие подачей тросов (штанг)	большой вес	ограниченное пространство рабочей зоны, трудоемкий процесс сборки каркаса
работающие в угловых координатах	автоматизированное устройство для строительства зданий и сооружений методом трехмерной печати	небольшой вес, малогабаритный	ограниченная зона действия
на базе промышленного манипулятора	конструктивные аналоги механических рук – манипуляторов, состоящих из нескольких гибких сочленений, придающих им большую подвижность	небольшие габариты и вес	высокая стоимость

Экономическая эффективность возведения строительных сооружений с применением 3D технологий была подтверждена строительными корпорациями, использовавшими данные технологии при возведении строительных объектов.

Выводы

Использование технологии 3D-печати позволит уменьшить трудоемкость производства на строительных предприятиях, увеличить точность исполнения проектов и моделирования жилищных комплексов. При этом, эта методика позволит значительно сократить временные и интеллектуальные затраты на создание моделей и проектов различных строительных объектов. Из обзора становится ясно, что перспективы у данной технологии очень большие. В будущем, при удешевлении самих принтеров, они получат широкое распространение. Это даст возможность людям их использовать повсеместно в повседневной жизни, и на производстве, что удешевит изготовление многих деталей, а как следствие и стоимость конечного продукта той или иной отрасли промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров О.Н. Аддитивные технологии – динамично развивающееся производство // Инженерный вестник Дона, № 4, 2016. С. 126.
2. Литунов С.Н., Слободенюк В.С., Мельников Д.В. Обзор и анализ аддитивных технологий, часть 1 // Омский научный вестник. 2016. С. 53.
3. Ватин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С., Зыкова В.В., Карпеня А.Н., Ким А.А., Финашенков Е.А. 3D-печать в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №1 (52). С. 27–46.
4. ГСН 81-05-01-2001. Сборник сметных норм затрат на строительство временных зданий и сооружений. – Введ. 2001-05-15. – М.: Госстрой России, 2001.
5. Далинчук В.С., Власенко Д.А. Основные аспекты печати домов с помощью 3D принтера // Инновационное развитие. 2016. № 2 (2). С. 6–13.
6. Прокопьев А.П., Емельянов Р.Т. Планирование эксперимента и обработка результатов экспериментальных исследований. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 74 с.
7. Perrot A., Rangedard D., Pierre A. Structural built-up of cement-based materials used for 3D-printing extrusion techniques // Materials and Structures / Materiaux et Constructions. 2016. Vol. 49. Pp. 1213–1220.
8. Edenhofer S., Radler S., Hob M., Von Mammen S. Self-organised construction with Revit // IEEE 1st International Workshops on Foundations and Applications of Self-Systems, FAS-W 2016.2016. Pp. 160–161.
9. Alifui-Segbaya F., Varma S., Lieschke Graham J. Biocompatibility of Photopolymers in 3D Printing // 3D PRINTING AND ADDITIVE MANUFACTURING Том: 4 Выпуск: 4 стр.: 185–191 Опубликовано: DEC 2017.
10. Kleer, R. Piller, F.T.B. Local manufacturing and structural shifts in competition: Market dynamics of additive manufacturing, aVlerick Business School, Technology and Operations Management Area, Reep 1, Gent, 9000, Belgium.

Berseneva Maria Leonidovna

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia
Engineering-building institute
E-mail: mari-leonm@yandex.ru

Klinduh Nadezhda Yurievna

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia
Engineering-building institute
E-mail: NKlindukh@sfu-kras.ru; profkom/sfu@yandex.ru

Danchenko Tamara Vladimirovna

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia
Institute of architecture and design
E-mail: Danchenko_53@inbox.ru

Yakshina Alexandra Alekseevna

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia
Engineering-building institute
E-mail: sestra@yandex.ru

Economic efficiency of additive technologies in the construction industry

Abstract. In this article, the subject of discussion is the use of additive technologies at the present stage of development of the construction industry. A comparative analysis method was used to determine the economic efficiency of implementing these technologies at the design stage, creating three-dimensional projection models and conducting construction work with a significant reduction in the use of manual labor, reducing the time and material costs of construction work. The main task to increase the economic efficiency of the construction of construction objects is defined – this is the improvement of the production technology of concrete mixtures as raw materials for 3D printers of various modifications. The article presents the characteristics of modern types of building 3D printers, considers the stages of 3D printing and provides data on the expected reduction in material costs for the manufacture of elements of building objects and the erection of building structures using these technologies.

Keywords: additive technologies; 3D printers; building sector; scientific and technological achievements; economic efficiency