

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Гуляева Т.А.

*Российская Федерация, г. Воронеж,
Воронежский государственный технический университет*

Аннотация. В данной статье рассмотрены возможности, преимущества, а также методы возведения зданий в инновационном строительстве на примере строительных аддитивных технологий. Проведен сравнительный экономический анализ по себестоимости готово строительной продукции по двум технологиям: классической и 3D. Определены недостатки новой технологии. Установлена необходимость государственного контроля качества в инновационном строительстве.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D строительство, государственные механизмы.

В строительстве, несмотря на его традиционность, в последнее время появляются инновации не только в отделочных материалах, но также и в технологиях. Так в 2014 году на строительный рынок пришли аддитивные технологии.

3D- печать в строительстве – это разновидность аддитивной технологии, подразумевающая под собой возведение объекта строительства из обработанной в специализированных программах 3D модели.

В настоящее время известно о трех основных методах, применяющихся в трехмерной печати: метод селективного спекания, стереолитография и послойное экструдирование.

1. Метод селективного спекания реализуется посредством воздействия высоких температур на рабочую смесь, которую в данном случае играет кварцевый песок. Возведение строительного объекта происходит послойным нанесением получившегося пластического раствора.

2. Стереолитография – это метод печати, в котором используется промышленная ванна, наполненная жидким полимерным составом. Выращивание здания происходит с помощью подвижной лазерной установки со сканирующей головкой.

3. Метод послойного экструдирования на данный момент является самым распространенным в строительном печатном производстве за счет интуитивно

понятного процесса возведения здания. Возведения здания происходит за счет наложения рабочей смеси, в качестве которой выступает специальный бетон, посредством печатающей головки (экструдера).

Метод применяется в порталных принтерах и мобильных принтерах (разработка российской фирмы Aris Cor). В первом случае строительный состав готовится вне строительной машины (обычно в бетономешалках) и подается через соединительный шланг. В мобильных принтерах изготовление смеси происходит непосредственно внутри устройства.

Строительство зданий с использованием аддитивных технологий является экологически чистым, поскольку после не остается бетонных отходов. Так же 3D-печать позволяет возводить здания необычных геометрических форм, что является важным аспектом при индивидуальном строительстве. Немаловажную роль играет и высокая скорость строительства 1 м^2 готовой стены = 30 минут работы принтера [1].

Но самое главное преимущество – экономическая выгода.

Проведем экономический анализ себестоимости одноэтажного строительного объекта площадью 165 м^2 ($11 \times 15 \text{ м}$) при традиционном строительстве с использованием газосиликатных блоков БСМ – 3,75 и по аддитивной технологии на мобильном принтере фирмы Aris Cor.

Используем следующие исходные данные: используется ленточный фундамент, с горизонтальным и вертикальным армированием стен коробки, стоимость в 3-D принтера 280 000\$ (курс валюты на момент обращения 17.04.2020 $1\$ = 74,02$ рубля).

Рассчитанные материальные затраты на возведение здания представлены в таблице 1.

Так же необходимо учитывать затраты на оплату труда рабочих, затраты на электроэнергию, затраты на технологическое обслуживание принтера, нормативные амортизационные отчисления [2].

Таблица 1. Затраты на возведение фундамента и коробки здания

Необходимые материалы:	Ед.изм.	Средняя стоимость на 17.04.2020 за единицу	3D печать		Классический вариант строительства	
			кол-во	ст-ть, руб.	кол-во	ст-ть, руб.
Бетон марки В15 F150 W6 (М 200)	куб.м	3700	40	148000	71,2	263440
Бетон марки В22,5 F200 W8 (М 300)	куб.м	4400	31,616	139110,4	33,28	146432
Арматура композитная 10 мм	тонн	184615	0,442	81599,83		0
Арматура стальная 14 мм	тонн	42000	0	0	5,612	235704
Сваи винтовые СВС 108х2500х32 с установкой	шт	2750	64	176000	0	0
Плиты перекрытия 1,6 ПБ 33-12-8	шт	4202	1	4202	1	4202
Пеногипсобетон	тонн	5 100	15,6	79560	0	0
Газосиликатные блоки БСМ - 3,75	куб.м	4200	0	0	39	163800
Клей для блоков М-100	тонн	9200	0	0	3,2	29440
Плиты перекрытия 1,6 ПБ 75-12-6	шт	11956	17	203252	17	203252
Материалы для опалубки	куб. м	6500	0,8	5200	18,2	118300
Транспортные расходы бетон	руб			85440		125376
Транспортные расходы пиломатериалы	руб			800		12300
Транспортные расходы пеногипсобетон, газосиликат	руб			24600		21300
Итого				947 764		1 323 546

Норма амортизационных отчислений принималась на основе среднего соответствия с Едиными нормами и составила 16,7 %. Срок окупаемости принтера 18 месяцев.

В данном расчете не учитываются затраты на возведение крыши, прокладку инженерных сетей, осуществление земельных работ и внутренней отделки.

Таким образом, имеем следующие итоговые данные с учетом дополнительных факторов, которые занесены в таблицу 2.

Таблица 2. Сравнительные данные по себестоимости здания

3D технология	Традиционная технология (Газосиликатные блоки БСМ - 3,75)
1 152 832 рублей	1 775 130 рублей

Исходя из проведенного расчета, можно прийти к выводу, что аддитивная технология является экономически выгодным способом строительства.

Как и у любой относительно молодой инновации существуют и определенные недостатки [3]. Поскольку данная технология оперирует специфическим способом возведения объекта, используемая строительная смесь должна быстро застывать, не позволяя вышележащим слоям расползаться, то есть большое внимание необходимо уделить именно реологическим свойствам состава. Управление свойствами можно было бы обеспечить синтезом новых добавочных элементов, с целью модернизации исходного состава.

Но на данный момент не разработаны нормативные документы, обеспечивающие в должной мере прочностные характеристики, процент содержания основных элементов в составе смеси.

Каждый производитель сам определяет структуру состава. На данный момент подобный подход не обеспечивает безопасность жизнедеятельности человека, из-за отсутствия нормативной базы не представляется возможным построить прогнозы относительно долговечности построенного объекта.

Управление качеством визуально происходит лишь на процессе строительства, как самой машиной, так и оператором.

Из-за большого количества производителей смесей единственный выход из ситуации – введение государственного механизма контроля качества. Данное решение является выгодным как для производителя, так и для государства. Преимущества трехмерной строительной печати позволяют решить, в той или иной степени, проблемы с высокой стоимостью жилья в городе Воронеже, где средняя стоимость 1м² составляет 52 487 рублей (сервис продаж квартир «Этажи» 17.04.2020).

При появлении на рынке подобной альтернативы возрастет конкуренция среди застройщиков, что позволит населению выбирать жилье не только по финансовым возможностям, но и качеству.

Список литературы:

1. Альбом технических решений по применению технологии строительства зданий гражданского и общественного назначения методом трехмерной печати мобильным строительным 3D-принтером Aris Cor // Первое издание. 2016. С. 41.
2. Акулова И.И., Славчева Г.С., Макарова Т.В. Технико-экономическая оценка эффективности применения 3d-печати в жилищном строительстве // Жилищное Строительство. 2019. №12. С. 52 – 56.
3. Пустовгар А.П., Адамцевич А.О., Волков А.А. Технология и организация аддитивного строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9. С. 12-20.

ECONOMICAL ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

T.A. Gulyaeva

*Voronezh State Technical University,
Voronezh, Russian Federation*

Abstract. This article discusses possibilities, advantages and construction methods in innovative construction using the example of building additive technologies. A comparative economic analysis of the cost of finished construction products using two technologies: classical and 3D. Deficiencies of the new technology are identified. The need for state quality control in innovative construction is established.

Keywords: additive technologies, 3D - construction, state mechanisms.