

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт сервиса и отраслевого управления

Кафедра Управление строительством и жилищно-коммунальным хозяйством

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой УС и ЖКХ

_____ Матыс Е. Г.
« ____ » _____ 2020 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТИ В
СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ДОМОВ (НИР)**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к бакалаврской работе

НОРМОКОНТРОЛЕР:

доцент кафедры УС и ЖКХ, к.э.н.
_____ Копытова А.В.

РУКОВОДИТЕЛЬ:

доцент кафедры УС и ЖКХ, к.э.н.
_____ Габудина А. А.

РАЗРАБОТЧИК:

обучающийся группы ЛСТбн16-1

_____ Иващенко П. В.

Бакалаврская работа

защищена с оценкой _____

Секретарь ГЭК _____ Копытова А.В.

Тюмень, 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. Кафедрой УСиЖКХ
_____ Матыс Е.Г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу
(бакалаврскую работу)

Ф.И.О. обучающегося: Иващенко Полина Владимировна

Ф.И.О. руководителя ВКР: Василий Евгений Владимирович

Тема ВКР: «Исследование опыта внедрения инновационных технологий 3D-печати в строительстве малоэтажных домов (НИР)»

Утверждена приказом по ИСОУ от 27.04.20 № 03-3050/126-а

Срок предоставления завершённой ВКР на кафедру «23» июня 2020 г.

Исходные данные к ВКР интернет-ресурсы, монографические литературные источники

Содержание пояснительной записки

Наименование раздела (главы)	% от объема ВКР	Дата выполнения
Опыт применения 3D технологий в строительстве	55	18.05.2020
Перспективы использования 3D-технологий в малоэтажном строительстве	26	15.06.2020

Дата выдачи задания

27 апреля 2020

_____ *подпись руководителя*

Задание принял к исполнению

27 апреля 2020

_____ *подпись обучающегося*

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование опыта внедрения инновационных технологий 3D-печати в строительстве малоэтажных домов (НИР)» состоит из введения, двух разделов, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников, включающих 20 наименований. Работа изложена на 71 страницу машинописного текста, включающего 21 рисунок и 5 таблиц.

Ключевые слова: опыт, инновации, технология, потребительский спрос, оценка затрат.

Предметом исследования являются инновационные процессы 3D-печати в малоэтажном строительстве.

Целью работы является исследование опыта внедрения инновационных технологий 3D-печати в строительстве малоэтажных домов.

В результате выполнения работы раскрыты особенности инновационных технологий в строительстве; изучена технология применения 3D-печати в строительстве; рассмотрен опыт других стран, применивших данную технологию; изучен потребительский спрос на дома, построенные при помощи 3D-печати; оценены затраты на применение 3D технологии.

На основании результатов выполненных исследований предложены рекомендации по внедрению технологии 3D-печати.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Опыт применения 3D-технологий в строительстве.....	7
1.1 Инновационные технологии в строительстве	7
1.2 Применение 3D-печати в строительстве	23
1.3 Исследование опыта внедрения 3D-печати в строительстве	29
2 Перспективы использования 3D-технологий в малоэтажном строительстве	47
2.1 Изучение потребительского спроса на 3D-печать домов	47
2.2. Анализ затрат на применение 3D-технологий в строительстве.....	54
2.3. Оценка перспектив использования 3D-печати в строительстве	58
Заключение	65
Список использованных источников	69
Приложение А	72

ВВЕДЕНИЕ

Инновационные технологии в строительстве являются двигателем развития строительной отрасли, позволяющей вывести процесс и экономику строительства на более высокий уровень. Важными критериями инновационной технологии являются: упрощение и ускорение процесса строительства; снижение себестоимости строительства; увеличение жизненного цикла здания/сооружения; обеспечение энергосбережения и звукоизоляции, небольшого веса сооружения и комфортного микроклимата внутри. Главную роль во внедрении инноваций играют снижение затрат на строительство и экологическая безопасность, так как именно эти качества отличают технологии новейшего времени от прежних.

На сегодняшний день строительный рынок перенасыщен различными предложениями материалов и инструментов, инновационные идеи в строительстве продолжают развиваться, и находят свое практическое применение, что обуславливает актуальность темы выпускной квалификационной работы.

Объект исследования – строительные организации.

Предмет исследования – инновационные процессы 3D-печати в малоэтажном строительстве.

Цель выпускной квалификационной работы – исследование опыта внедрения инновационных технологий 3D-печати в строительстве малоэтажных домов.

Для достижения поставленной цели был определен ряд задач:

- рассмотреть инновационные технологии, применяющиеся в современном строительстве;
- изучить применение технологии 3D-печати в строительстве;
- рассмотреть опыт других стран, применивших данную технологию;
- изучить потребительский спрос на 3D-печать домов;

- оценить затраты на применение технологии 3D-печати в строительстве малоэтажных домов;
- дать рекомендации по внедрению данной технологии.
- Теоретической и методологической основой исследования послужили труды зарубежных и отечественных авторов.
- Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка использованных источников.

1 ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

1.1 Инновационные технологии в строительстве

Любое строительство – это сложный многоступенчатый процесс, включающий в себя организационные, изыскательские, проектные, строительско-монтажные, пусконаладочные и многие другие работы. Результатом строительства является здание или сооружение, с полным комплектом документации, действующими инженерно-технологическими системами и комплексом других работ, позволяющих обрести зданию или сооружению законченный, эстетический и облагороженный вид.

На сегодняшний день для обеспечения и снижения стоимости строительства, сокращения сроков, повышения качества и комфортности в эту сферу внедряют различные инновации.

Инновация – это изменение с целью внедрения, применения и использования новых научно-технических (технологических), организационно-экономических или иных решений, новых рынков сбыта и форм организации в промышленности, новых производственных и транспортных средств, а также видов потребительских товаров и др. [1]

Основные виды инноваций представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Основные виды инноваций

№	Основные виды	Описание
1	2	3
1	Технологические инновации	Направлены на создание и освоение в производстве новой продукции, технологии, модернизацию оборудования, реконструкцию зданий, реализацию мероприятий по охране окружающей среды

№	Основные виды	Описание
1	2	3
2	Производственные инновации	Ориентированы на расширение производственных мощностей, диверсификацию производственной деятельности
3	Экономические инновации	Связаны с изменением методов планирования производственной деятельности
4	Торговые инновации	Направлены на целевые изменения сбытовой деятельности
5	Социальные инновации	Связаны с улучшением условий труда, социального обеспечения коллектива
6	Инновации в области управления	Направлены на улучшение организационной структуры, методов принятия решений

Под инновационной деятельностью при этом понимается совокупность организационной, финансовой, научно-технической и коммерческой деятельности, направленной на создание и внедрение на рынке нового (усовершенствованного) продукта, организационно-экономической формы, технологий, обеспечивающих необходимую экономическую и социальную выгоду. Инновационная деятельность охватывает создание и внедрение:

- новой продукции;
- новых технологических процессов и форм организации производства;
- нового рынка;
- новых процессов управления и решения социально-экономических задач, соответствующих им финансовых инструментов и организационных структур. [2]

Основными целями инновационной деятельности являются:

1. снижение материальных затрат,
2. улучшение качества продукции,
3. повышение гибкости производства,

4. замена продукции снятой с производства,
5. снижение загрязнения окружающей среды,
6. обеспечение современных стандартов.

Под инновацией в строительстве понимается не только внедрение технологий в строительство новых, но и в реконструкцию и модернизацию существующих. При этом реконструкция и модернизация совершенствуют архитектурно-планировочные и инженерные решения этих зданий, повышают техническую надёжность, комфортность, экологическую безопасность и экономическую эффективность эксплуатации, минимизируя при этом энергопотребление. [3]

Технология возведения зданий также в последнее время подвергается внедрению инновационный. Описание некоторых инноваций в технологиях строительства приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2 - Технологии возведения зданий, считающиеся в России инновационными

№	Технология	Суть инновации
1	2	3
1	Полносорное крупнопанельное домостроение нового типа	Принцип конструктора LEGO – комбинирование типовых конструкций для создания различных по структуре сооружений
2	Сочетание сборных заводских конструкций с монолитным домостроением	Использование стеновых панелей и других заводских заготовок, опираясь на монолитный каркас
3	Несъемная опалубка	Заливка бетона в армированную несъемную опалубку из полистирола или древесины
4	Домокомплекты для строительства малоэтажных жилых домов	Полный набор материалов и комплектующих для строительства индивидуальных и многоквартирных жилых домов «под ключ»
5	Монолитно-каркасное строительство	Возведение монолитного бетонного каркаса с использованием съемной опалубки – создание единой, целой конструкции

№	Технология	Суть инновации
1	2	3
6	Технология легких стальных тонкостенных конструкций	Стальной несущий каркас с готовых стеновыми, перегородочными, кровельными и прочими элементами

Главными достоинствами приведенных выше инноваций являются высокое качество конечного продукта, скорость строительства, хорошая энергоэффективность, высокое, облегчение веса, сейсмостойчивость и высокая прочность. [4]

Существенная часть инноваций приходится на производство строительных материалов. Описание некоторых инновационных строительных материалов представлено в табл. 1.3.

Таблица 1.3 - Строительные материалы, считающиеся в России инновационными

№	Материалы	Описание	Достоинства
1	2	3	4
1	Углепластик	Углепластики — полимерные композиционные материалы из переплетённых нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных смол	Высокая прочность, жёсткость, малая масса, часто прочнее стали, но гораздо легче
2	Фибра	Фибра представляет собой волокна, добавляемые в бетон, газо- и пенобетоны, полистиролбетон, строительный раствор, сухие строительные смеси и т. д.	Повышает физикомеханические свойства материалов по всему объёму, обладает высокой адгезией к цементу и прочно встраивается в матрицу бетонов
3	Утепленные стеновые ЖБИ-панели	Трехслойная железобетонная конструкция с пенополистирольным утеплителем внутри	Ускоряют и удешевляют строительство за счет «встроенного» утепления
4	Торфоблоки	Торф, переработанный и превращенный в пасту, связывает наполнители – древесные опилки, стружку или солому	Имеют хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики

№	Материалы	Описание	Достоинства
1	2	3	4
5	Микроцемент	На основе мелкоструктурного цемента с добавлением полимеров и различных по составу и свойствам красителей	Используется как защитный, декоративный материал, прочный и надежный
6	Стекломагнезитовый лист	Плиты на основе оксида магния, хлорида магния, перлита и стекловолокна	Гибкий, прочный, огнеупорный и влагостойкий отделочный материал
7	Эковата	Целлюлозный утеплитель, на 80% состоящий из макулатуры с включением лигнина	Биостойкий, экологичный тепло-и звукоизоляционный материал
8	Инфракрасные греющие панели	Лист гипсокартона с электропроводящей углеродной нитью, служащей нагревателем	Сохранение влажности воздуха, равномерное распределение тепла
9	Нанобетон	С добавлением наночастиц оксида кремния, поикарбоксилата, диоксида титана, углеродных нанотрубок, фуллеренов или волокон	Бетоны разной плотности с повышенной огнестойкостью, прочностью и энергосберегающими свойствами

Создание нанокompозитных труб для систем водоснабжения, газоснабжения и отопления является одним из самых успешных нововведений, реализованным в нашей стране, как и нанопокpытие для каменных полов и бетона, камня и дерева и многие другие материалы.

Во всех регионах Российской Федерации на протяжении последних десяти лет разpабатываются и внедряются различные инновационные технологии и концепции в малоэтажном строительстве.

Одной из инновационных российских технологий является технология скоростного домостроения «Теплоскор», которая разработана в компании «НИИ Теплостен», и включает в себя инновационный материал – теплоэффективный блок, состоящий из несущей, внутренней и фасадной части. Эта технология позволяет возвести здания за гораздо меньший срок и относительно низкую себестоимость, при этом имея высокие эксплуатационные качества, к которым можно отнести долговечность и огнестойкость, а также низкую теплопроводность. Одним из достоинств

теплоэффективного блока является его вес, он очень упрощает транспортные расходы и не требует мощных подъемных механизмов. Кроме этого эти блоки упрощают дорогостоящие операции, а именно декоративное оформление и утепление стены. В скоростной технологии разработано шесть групп конструкций и подсистем:

- мелкозаглубленные утепленные монолитные железобетонные фундаменты, совмещенные с цоколем, на песчаной подушке;
- пространственные монолитные железобетонные каркасы;
- стены зданий из теплоэффективных блоков с наружным защитно- декоративным слоем;
- железобетонные сборно-монолитные перекрытия из предварительно напряженных балок таврового сечения;
- малые формы для архитектурного украшения фасада;
- полимерно-песчаной черепичная кровля. [5]

Одной из важнейших тенденций, которая в последнее десятилетие оказала значительное влияние на технологическое развитие строительной индустрии, является ускоренное внедрение и интеграция комплексного компьютерного моделирования на всех стадиях строительства (планирование, разработка и непосредственно строительный процесс). На раннем этапе внедрения в строительную отрасль применение этих моделей проектировщиками не считалось необходимым и служило в качестве рекламного компонента для привлечения перспективных клиентов. Сегодня комплексное компьютерное моделирование является каждодневной практикой, игнорирование которой может привести к значительным потерям: по некоторым оценкам эффективное применение этого ПО позволяет экономить в среднем 20-30% от общей себестоимости строительства.

Рассмотрим одни из самых перспективных инноваций на сегодняшний момент.

1) BIM-модели

Последние несколько лет в строительной индустрии наблюдаются серьезные изменения, а именно масштабное внедрение инновационных технологий. Одной из них является новейшая разновидность автоматизированного компьютерного моделирования — BIM-модели (Building Information Modeling) — являются системами информационного моделирования строительных объектов на базе трехмерной визуализации физических объектов, а также параметрического или взаимосвязанного учёта всех технологических, архитектурно-конструкторских, финансово-экономических данных и информации о зданиях и прочих строительных объектах, которая сменила более упрощенную систему автоматизированного (компьютерного) проектирования CAD (computer-aided design).

Сама BIM-система изначально была разработана ещё в середине 1990-х гг., но стройподрядчики, инженеры-проектировщики и архитекторы начали активно использовать предоставляемые ею универсальные возможности лишь в последние годы. По последним данным общее число американских строительных и проектных компаний, которые используют BIM, увеличилось в 2007 с 28% до 49% в 2009 и до 71% в 2012 году. А в 2012 году в США главными пользователями BIM стали строительные подрядчики, архитектурные же фирмы отошли на второй план.

Сегодня BIM-модели активно внедряются в каждодневную практику. Так, в 2010 году в штатах Техас и Висконсин были представлены базовые стандарты и общие рекомендации их дальнейшего обязательного использования при разработке финансируемых региональными бюджетами новых строительных проектов, а позднее аналогичные шаги были предприняты и в целом ряде других американских штатов, а также на федеральном уровне.

Наиболее современные BIM-модели базируются на 5D-подходе, который включает в себя не только всесторонний учёт трёхмерных геометрических данных возводимых объектов и различных материальных ресурсов, необходимых для реализации строительных проектов

(стройматериалов, производственного оборудования, рабочей силы и т. д.), но и детальную информацию о временном (календарном) графике выполнения работ и всех взаимосвязанных подпроцессах, в том числе и о последующей эксплуатации и ремонте построенных объектов, то есть в рамках этого подхода также используются элементы долгосрочного финансово-экономического прогнозирования. В октябре 2009 года американской компанией «RIB Group» впервые был представлен полностью интегрированный 5D-пакет ПО (iTWO Business Suite).

2) Облачное управление проектами

По данным ведущих исследовательских компаний, в среднем 54% времени строительного процесса расходуется неэффективно. Такую низкую продуктивность в основном можно связать с тем, что информация, требуемая для перехода стройки в активную фазу, распределена между множеством участников, а её передача занимает много времени. Поэтому одна из самых актуальных задач — уменьшение сроков строительства, чтобы оно не было убыточным для заказчика, за счёт сокращения фазы ожидания. Необходимо, чтобы информация о проекте была актуальной и правильно и быстро курсировала между участниками.

Для этого было разработано облачное управление проектами — решение, которое позволяет правильно интегрировать всех участников строительного процесса в единое информационное пространство, из которого можно не только управлять проектом, но и контролировать каждого члена процесса по отдельности.

Использование облачного управления проектами позволяет ускорить стройку за счёт того, что у каждого участника есть возможность зайти в ПО, добавить туда актуальную информацию или взять её в любом формате и быстрее принять решение. Благодаря этому производительность может вырасти с 30% до 50%. В качестве доказательства можно привести кейс Транспортного агентства Новой Зеландии, которое совместно с подрядчиками реализовывало проект четырёхполосной дороги стоимостью

630 миллионов новозеландских долларов. Поскольку это был один из самых дорогих проектов в Новой Зеландии, а расчёты реализовывались по объёму выполненных работ, исполнителям было критично важно точно и эффективно управлять этим проектом. В результате они выбрали ПО от одного из лидеров рынка и смогли не только минимизировать количество переделок, но и сэкономить \$150 000.

3) Цифровое производство

Технологии меняют не только программное обеспечение, но и сами средства производства. Сегодня найти сегодня индустрию, где станки настраиваются и регулируются вручную довольно непросто, поскольку это может вызвать большое количество ошибок и низкую производительность, а значит, это является невыгодным для бизнеса. Именно поэтому так важно сделать производство металлоконструкций или железобетонных изделий автоматизированным, что и произошло с авиа— и машиностроением, где сегодня производство каждой детали оцифровано, а путь изготовления можно проследить с самого начала из модели.

По данным исследования Deloitte, большая часть производственных предприятий, а именно 51%, внедряют инновации, закупая передовые станки и оборудование, и лишь 32% оцифровывают бизнес-процессы. Среди последних можно отметить Курганстальмост, который занимается производством стальных конструкций для различных стадионов в России, включая стадионы «Фишт», «Спартак», «Зенит» и другие. Компания моделирует свою продукцию сначала в формате информационной модели и только потом из неё отправляют задание на станки. Благодаря такому подходу в результате сборка деталей на стройке становится практически на 100% безошибочной.

4) Префабрикация

Префабрикация — технология, по которой производятся модули, которые потом, как конструктор, собираются непосредственно на стройке.

С ее помощью изготавливаются фасадные панели, предварительно смонтированные инженерные системы, некоторые элементы конструкций и др. Считается, что именно эта технология окажет большое влияние на повышение эффективности строительных проектов.

Например, по данным компании Bryden Wood, до 30% задержек в строительных проектах связаны с низкой производительностью, отсутствием материалов и недостатком информации о конструкции и рабочей силы. Работа с композитными компонентами, технологией префабрикации и BIM-моделями позволяет решить эти проблемы.

Преимущества такого комплексного подхода были продемонстрированы при строительстве временного стыковочного центра площадью 4000 м² в Терминале 3 аэропорта Хитроу. Перед компанией стояла задача реализовать проект быстро и исключительно в нерабочие часы, поскольку стройка находилась в непосредственной близости от движения самолетов. Благодаря префабрикации и BIM-моделям большая часть строительства была перенесена за пределы площадки, влияние на работу аэропорта было сведено к минимуму, а численность персонала на площадке сократилась почти на 75%. По результатам проекта также было выявлено, что затраты на реализацию были на 27% меньше, а времени на реализацию ушло на 38% меньше по сравнению с традиционными методами строительства. [6]

5) Каркасное строительство

Строительство жилья с применением канадской технологии сегодня пользуется большой популярностью.

Суть такого строительства заключается в том, чтобы возвести в короткие сроки деревянный каркасный дом, характеристики которого будут соответствовать характеристикам жилья, возведенного из других строительных материалов. Строительство дома по канадской технологии — это быстрая скорость возведения, качество, проверенное годами, основательная надёжность и прочность, доступная цена и

экологически чистое жилье. Данный тип строительства уже давно широко применяется в Северной и Южной Америке, Австралии, Западной Европе, а теперь и в России. С каждым годом количество жилья, возведенных по канадской технологии, увеличивается примерно на 10-15%. Такая статистика подтверждает, что каркасное строительство хорошо зарекомендовало себя и в наших широтах, а целесообразность его возведения проверена временем.

Главным поводом для строительства жилья по канадской технологии явилось то, что необходимо было построить такой дом, чтобы пребывание в нём было комфортным в любое время года. Особенно этот вопрос представляет большую важность для жителей северных стран, потому что климат, в котором они проживают в первую очередь диктует важность создания хорошей теплоёмкости, такой, чтобы она явилась отличной альтернативой технологии обогрева жилья, так как с наступлением отопительного сезона, чтобы ни использовалось людьми для отопления своего дома, всё равно наблюдались довольно значительные теплопотери.

Мотивацией продвижения такого строительства явилось ещё и то, что сегодня современный рынок стал постоянно предлагать покупателям более усовершенствованные технологические строительные и отделочные материалы, их основные характеристики как раз и направлены на сохранение тепла внутри деревянного жилья при сильных ветрах и морозах.

Решающую роль в широком использовании такого строительства также сыграл и применяемый стройматериал, а именно древесина. Важно отметить, что в тех регионах, в которых наблюдается очень высокая потребность в теплосберегающем жилье, дефицита с древесиной нет, поэтому строительство жилья с применением каркасной технологии позволяет получить не только уютный теплый дом, но и даёт возможность существенно снизить расходы на его строительство.

Сама технология строительства не является очень сложной, всё, что необходимо сделать, так это соорудить деревянный каркас будущего жилья, а потом выполнить его обшивку с помощью СИП или же ОСП панелей.

Внутри щитов таких панелей располагается утеплительный материал. Это позволяет не только обеспечить тепло внутри дома, но и создать высокий уровень звуко- и шумоизоляции.

Плюсы и минусы каркасных домов

У канадской технологии имеются свои преимущества и свои недостатки. Основным отличием считается то, что внутри помещения можно будет сохранить комфортную температуру без применения дополнительного обогревательного оборудования. В зимнюю пору в таком доме всегда будет тепло, но, если также установить в нём отопительную систему, пребывание в таком доме станет еще более комфортным для жильцов.

В результате люди получают достаточно экономичное жильё, которое не требует затрачивать большое количество ресурсов на отопление, в отличие от жилья, возведенного с использованием стандартной технологии из привычных стройматериалов.

У канадской технологии каркасного строительства имеется масса преимуществ, такие как:

- Строительство дома выполняется в очень короткие сроки.
- Высокий уровень звукоизоляции и теплоизоляции.
- Строительство может осуществляться в любое время года.
- Незначительные трудозатраты.
- Нет надобности привлекать спец технику и дорогостоящее оборудование.
- Можно построить дом из дерева, который может иметь разную конфигурацию и форму.
- Коммуникационные системы можно надёжно спрятать под обшивкой.
- Стройматериалы, которые сегодня успешно применяют при возведении такого жилья позволяют удерживать тепло.

Однако, у деревянных домов есть один существенный минус, а именно то, что такие дома сильно подвержены возгоранию, и иногда даже

небольшой искры достаточно, чтобы дом вспыхнул и сгорел дотла, и даже различные средства и пропитки, которые позволяют обработать древесину и предать ей огнеупорность, не всегда помогает.

Также внутри СИП панелей, описанных ранее, расположен утеплительный материал, который привлекает грызунов. Но несмотря на все недостатки такой технологии, достоинств каркасного строительства значительно больше, что обуславливает высокую популярность таких домов.

Минусы каркасных домов:

- Перепланировка в таком жилье невозможна. Если жильцы решили обновить ремонт, переделать в нём что-то, то придется ограничиться сменой цвета стен и перестановкой мебели.

- Ограниченная этажность. Для такой технологии самым лучшим вариантом этажности является один этаж, однако, допустимо возведение чердачного этажа — мансарды.

- Ограниченный срок эксплуатации. Важно понимать, что жилище из каркаса прослужит максимум 75-100 лет. После того, как пройдет это время, дом будет нуждаться в серьёзном капитальном ремонте.

- Непригодность для проживания в зимнее время. Когда каркасное домостроение только начало своё развитие, в то время ещё не производили качественных утеплителей. В современном же мире рынок материалов настолько перенасыщен, что возможно без труда подобрать качественный, экологически чистый материал, который будет греть дом в любое время года.

- Плохая звукоизоляция. Если дом расположен далеко от города, то это не является проблемой. Однако, если дом будет находиться в городе или, например, возле дороги, то применение дополнительных средств для создания хорошей звукоизоляции просто необходимо.

- В полости стен могут завестись грызуны. Химикаты, которыми обрабатывается дерево, не способны защитить от них на 100%.

– Не стоит устанавливать водопровод в стенах каркаса. На трубах образуется испарина, которая увлажняет воздух в простенке.

Экологичность данного дома также является важным моментом в вопросе строительства. Основным материалом при такой технологии является дерево, которое считается экологически чистым, но в то же время деревянный каркас обрабатывается химикатами против грызунов и насекомых. В этом случае, конструкция перестает быть экологически чистой на 100%.

Следующее: плиты OSB. При их создании используются вредные смолы: метанол, формальдегид, фенол и так далее. Важно отметить, что цементно-стружечные плиты гораздо менее вредные, но они тяжелые, что создает проблемы при монтаже.

Также сложно оценить насколько экологически чисты утеплители из минеральной ваты. Например, при разрыве стекловаты в воздух могут попадать частички, вызывающие аллергию.

В этом случае необходимо отметить, что важен не факт содержание нежелательного вещества, а его концентрация, допустима ли она для человека. В большинстве случаев привозимые из развитых стран материалы тщательно проверяются на качество и экологическую безопасность.

При этом можно обезопаситься, используя все материалы по назначению. Все материалы, которые могут быть опасны или просто бесполезны для человека, должны быть защищены внутри отделочными материалами. [7]

6) Переставная модульная опалубка (ТИСЭ)

Монолитные технологии широко применяются в частном и профессиональном строительстве. Неотъемлемой частью этих технологий является опалубка. Еще относительно недавно, практически единственной возможностью сделать опалубку была её самостоятельная сборка.

Сейчас все существенно упростилось, можно приобрести или взять в аренду готовые опалубочные комплекты, из которых можно собрать любые

формы. Одним из таких готовых к использованию вариантов является опалубка ТИСЭ.

Использование переставной опалубки ТИСЭ целесообразно для формирования самых разных конструкций. Чаще всего, оборудование применяется для отливки фундаментов и стен. Особенность технологии заключается в том, что нужно использовать бетонный раствор, приготовленный с минимальным использованием воды.

Основой конструкции опалубки ТИСЭ является секция. Элементы комплекта используются многократно, при этом, технология позволяет формировать блоки из бетона непосредственно на стене, при этом не требуется укладка подстилающего раствора.

В частном строительстве нередко используют переставную опалубку, которая состоит из секций, выполненных из прочного, устойчивого к коррозии материала. При необходимости работы по строительству можно выполнять самостоятельно, что существенно сократит затраты на строительство.

Разработчики переставной опалубки ТИСЭ создали её специально для частных застройщиков. Технология призвана удешевить и упростить процесс строительства.

Основные преимущества:

- снижение финансовых и временных затрат на строительство;
- комплект позволяет формировать бетонные блоки с утеплителем, что после вселения в дом позволит существенно сэкономить на отоплении;
- возможность изготовления строительных блоков разной толщины, что позволяет выбрать комплект, который позволит максимально быстро и легко произвести строительные работы;
- полная пожарная безопасность возводимых конструкций;
- возможность делать перерывы в работе без потери качества возводимой конструкции;

- максимальная простота работ: с ними может справиться практически любой домашний мастер;
- высокая скорость строительства, формирование одного блока занимает немного времени.

К недостаткам можно отнести то, что конструкция получается не полностью монолитная, а состоящая из отдельных блоков. [8]

7) 3D-панели

Данная технология в строительстве в России пока мало известна и доступна застройщикам. Данная технология является инновационной, что объясняет малую осведомленность о ней. Строительство при помощи 3D панелей представляет собой доработанный вариант каркасного возведения домов.

Производятся панели в промышленных условиях, представляют собой не разновидность сборного щитового элемента, а монолит плиты из пенополистирола, дополнительно армированный усиливающими сетчатыми конструкциями с обеих сторон. Связываются между собой такие системы металлическими стержнями арматуры, насквозь проходящими через всю конструкцию, благодаря чему сохраняется не только стабильность формы панелей, но и объясняется высокая прочность, устойчивость к любым природным воздействиям. При этом сохраняется предельно легкий вес строения, а сборка не доставляет никаких сложностей.

В стандартном понимании, строение из 3D панелей не имеет никакого «жесткого каркаса», вместо этого застройщик получает панельный элемент, связанный жесткой скрепкой и посредством этого образующий несущие стеновые панели. После монтажа этих панелей вся конструкция заливается бетонной «рубашкой», что только увеличивает все плюсы такого дома:

- Полимеры, используемые для создания панелей, имеют высокие показатели энергоэффективности, а значит, теплопотери в таком доме будут минимальными;
- Простота сборки обеспечивает оперативность застройки;

- Изготовление в промышленных условиях гарантирует качество как отдельного элемента, так и всего здания в целом;
- Нет необходимости создавать тяжелый фундамент, 3D панели даже в бетонной заливке не обладают тяжелой массой. [9]

1.2 Применение 3D-печати в строительстве

3D-принтер — это станок с числовым программным управлением, использующий метод послойной печати.

К середине 90-х годов прошлого столетия в мировой экономике сложилась такая ситуация: фирмы-конкуренты стали не просто бороться за потребителей продукции, но буквально выполнять любые их пожелания. Самое важное, что в итоге однообразную продукцию – например, часы и автомобили – прекратили приобретать миллионными партиями.

Объем продаж с заводов-производителей сократился до нескольких тысяч штук в одной партии. Это ознаменовало начало эпохи мелкосерийного производства. В конечном итоге компании обнаружили, что разработка форм, лекал и прототипов для всё новых и новых моделей обходится весьма дорого.

Примерно тогда же становятся популярными устройства, способные быстро и с минимумом затрат изготавливать модели, — станки с ЧПУ (числовым программным управлением). Многие из них так и остались в секторе производства, но интенсивное развитие отдельной ветви «эволюции» привело к появлению офисных принтеров объемной печати – так началась история развития 3D-печати.

Самым первым устройством для создания 3D-прототипов была американская SLA-установка, разработанная и запатентованная Чарльзом Халлом в 1986 году и использующая стереолитографию. В то время это ещё

не был 3D-принтер в современном понимании, но именно она определила, как работает 3D-принтер: объекты наращиваются послойно.

Халл сразу же создал фирму «3D Systems», которая изготовила первое устройство объёмной печати под названием «Stereolithography Apparatus». Первой моделью этой машины, имевшей широкое распространение, стала разработанная в 1988 году SLA-250. Такой 3D-принтер работал лишь с сырьём одного цвета.

В 1990 году был использован новый способ получения объёмных «печатных оттисков» — метод наплавления. Его разработали Скотт Крамп, основатель компании Stratasys, и его жена, продолжившие развитие 3D-печати.

После этого стали активно использоваться понятия «лазерный 3D-принтер» и «струйный 3D-принтер».

Современный исторический этап развития 3D-печати стартовал в 1993 году с созданием компании «SolidScape». Она производила струйные принтеры, которые предшествовали трёхмерным. В 1995 году двумя студентами Массачусетского технологического института был модифицирован струйный принтер. Он создавал изображения не на бумаге, а в специальной ёмкости, и они были объёмными. Тогда же появилось понятие «3D-печать» и первый 3D-принтер. Этот метод был запатентован, и теперь используется в созданной теми же студентами компании «Z Corporation», а также в «ExOne. Z Corp.» до сих пор производит 3D-принтеры, использующие эту технологию.

История создания 3D-принтера продолжилась появлением технологии под названием «PolyJet», основанной на использовании фотополимерного жидкого пластика. При таком способе печати головка «рисует» слой фотополимера, который моментально засвечивается лампой. Метод оказался выигрышным по многим параметрам: цена его значительно ниже, а высокая точность даёт возможность изготовления не просто моделей, но готовых к применению деталей.

С течением времени развитие индустрии 3D-печати ускорилось, появлялись новые фирмы производители 3D-принтеров, вносящие свой вклад в её разработку, использовались новые материалы и принципы, размеры и цены устройств становились всё меньше – первые 3D-принтеры были огромны, сейчас же они умещаются на столе (исключением является промышленный 3D-принтер). Современный трёхмерный принтер всё больше становится похож на обычный, печатающий на бумаге, по внешнему виду и технологии нанесения «красящего» вещества. Печатаемые им модели отличаются ещё и высокой прочностью, поэтому могут применяться в качестве готовых изделий. [10]

Оборудование для 3D-печати изменило представление о прототипировании и серийном производстве. Аддитивные технологии нашли своё применение в автомобилестроении, авиационной промышленности, изготовлении бытовой техники, одежды и даже выращивании искусственных органов. Сфера строительства не стала исключением – 3D принтеры успешно применяются в процессе возведения малоэтажных зданий.

Индустрия развивалась скачкообразно. Ни фотополимеризация, ни лазерное спекание, ни электронно-лучевая плавка не смогли доказать свою эффективность в области строительства. Но в 2014 году случился прорыв – частные компании, базирующиеся в США и Китае, почти одновременно начали работу над созданием оборудования, объединяющего в себе преимущества экструзии и метода многоструйного моделирования – так появились 3D-принтеры для печати бетоном.

Первые образцы использовались для создания малогабаритных архитектурных форм. Современная техника строит жилые дома. Построить жилой дом с межкомнатными перегородками, дверными и оконными проёмами, разводкой под прокладку инженерных коммуникаций можно за 24 часа.

Конструкция 3D-принтера для строительных работ

Производители не придерживаются единой концепции в процессе сборки устройства для печати строительных элементов: оно может быть мобильным или стационарным, напоминать кран на гусеничном ходу, систему балок и шарниров, брандспойт с сервоприводами. Действительно важно лишь то, на какую высоту, и по какой траектории устройство способно укладывать строительный материал.

Передовые модели комплектуются дополнительной стрелой для обеспечения ускоренной подачи материала и электроподъемниками, чтобы печатать на готовом фундаменте. Толщина нанесения печатной смеси, конфигурация здания, создание многокамерных стен, автоматическое смешивание ингредиентов и подача в экструдер – все детали печати вносятся с помощью специального ПО, а подготовка занимает не дольше 30 минут.

Виды 3D-принтеров для строительства дома

Как уже было сказано выше, тип 3D-принтера напрямую зависит от типа и модификации здания, которое он возводит. От этого зависит и размер самого принтера, объём бетономешалки, а также сопла, который подаёт строительную смесь.

Впервые дома по данной технологии стали массово возводить в Шанхае. Одна из первых 3D-машин, поразившей своими размахами и размером, стал принтер WinSun. Длина рабочей зоны составляла 150 метров, а ширина 10. Такой принтер способен за несколько дней напечатать здание высотой 6 метров.

В качестве так называемой «технологической изюминки» китайские инженеры использовали специальное стекловолокно, которое, с одной стороны, удешевляло строительные работы, а с другой – делало бетонную смесь менее теплопроводной. Тестовые образцы позволили компании сэкономить половину бюджета на возведение дома по новой технологии.

Европейские же инженеры, к примеру, голландские предпочитают печатать не собственно дома, а строительные материалы, с помощью

которых эти дома можно возводить, считая, что более качественно работа будет сделана всё-таки человеческими руками и головой.

Технология строительства с применением трехмерной печати

Бетон наносится слоями. Чтобы прочность конструкции соответствовала проектным задачам, используется вертикальное и горизонтальное армирование. Горизонтальный армопояс устанавливается между слоями, вертикальный – после затвердевания состава. Арматура фиксируется и заливается бетоном. Существуют принтеры, которые вначале распыляют полиуретан, формируя «камеру», а затем заливают бетон внутрь.

Большинство моделей предназначено для эксплуатации в закрытом помещении. У цехового оборудования есть весомый недостаток – напечатанные элементы надо транспортировать на стройплощадку. Мобильные устройства могут использоваться прямо на строительном участке для печати по фундаменту. Чтобы сохранить характеристики состава сооружается защитный колпак над объектом, в смесь добавляются присадки. Расходы материалов снижаются на 30-70% в сравнении с классической технологией.

Материалы для 3D строительства

Для возведения прочных, износоустойчивых несущих конструкций используются бетонные смеси с добавками. Наиболее востребованы на рынке следующие «чернила»:

- чистый бетон;
- пескобетон;
- водостойкий гипс – для облицовочных работ;
- смесь со стеклянным волокном – для печати объемных элементов;
- с геополимерами из промышленных отходов – для хрупких конструкций;
- смесь с фиброволокном – для создания частей продолговатой формы;

- противоморозная смесь – для работы при отрицательных температурах;
- с пластификатором – для воссоздания ровной поверхности;
- с добавлением диатомитовых шариков – для шероховатости;
- модифицированный гипс – для декоративной печати. [11]

Достоинства и недостатки 3D-принтера

Развитие трехмерной печати в строительной промышленности имеет достоинства и недостатки. Перечислим некоторые из них.

Достоинства:

- Быстрое и точное строительство: 3D-принтер превращает цифровую модель в физическую. Ошибки могут возникать только из-за неточностей в цифровых моделях или из-за неправильно подобранного материала.
- Снижение расходов на рабочую силу: 3D-принтер осуществляет большую часть работы с минимальным участием человека.
- Сокращение строительных отходов: все строительные компоненты можно напечатать согласно проекту. Те элементы, которые не использовались, можно переработать.
- Сокращение рисков для здоровья: все опасные работы на строительной площадке заменяются процессом печати.
- Экологическая безопасность: переработанные элементы могут использоваться для производства строительных материалов, которые применяются в качестве краски для 3D-принтера.

Недостатки:

- Сокращение числа рабочих мест в строительной промышленности.
- В строительстве может использоваться лишь небольшое количество материалов, так как один и тот же принтер не может работать с разными «чернилами».

- Транспортировка: требуется доставка крупногабаритного принтера на строительную площадку и обратно.
- Хранение принтера на строительной площадке.
- Высокие риски: любая ошибка в цифровой модели может привести к проблемам на этапе строительства.
- Компании-производители традиционных строительных материалов могут пострадать из-за не востребованности их товаров.
- Может потребоваться больше времени на строительной площадке, если компоненты для зданий будут производиться на месте.

1.3 Исследование опыта внедрения 3D-печати в строительстве

В последнее время печати зданий уделяется значительное внимание, и напечатанные дома всё чаще появляются в последние годы в разных странах мира — в США, Саудовской Аравии, Мексике, Франции, России, ОАЭ и других.

2014 г. Китай. Китайская компания «Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co» представила дома, построенные с помощью техники 3D-печати в промышленном парке в китайской провинции Цзянсу. Всего было создано десять домов, каждый из которых стоил приблизительно три тысячи фунтов стерлингов. За последовавшие десять месяцев технология была усовершенствована, и компания изготовила для выставки несколько разнотипных зданий, самое высокое из которых насчитывает пять этажей (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Здание, построенное при помощи 3D-принтера

2014 г. США. Компания «Totalkustom» Андрея Руденко отпечатала замок. Печать заняла в общей сложности 2 месяца. Скорость печати машины составляла 50 см за 8 часов. Основная часть замка размерами 3 м x 5 м и 3,5 м в высоту, была напечатана как единое целое, а башни затем были напечатаны отдельно.

2015 г. Китай. Китайская компания «Zhuoda» собрала двухэтажный дом в рекордно короткий срок. Модульный дом состоящий из шести модулей, созданных с помощью технологии 3D-печати, был собран на месте менее чем за 3 часа. Около 90% работ были выполнены в цехах компании, а на участке они уже были только собраны в единое здание.

2015 г. Китай. В городе Сучжоу китайская компания «WinSun» презентовала сразу два здания, возведённых с помощью строительной 3D-печати. Классическая отделка придаёт дому традиционный вид. 3D-принтер работал практически непрерывно.

Первое здание — это жилой шестиэтажный блок. По словам представителей компании, это самый высокий 3D-печатный дом на 2015 год. «WinSun» потребовался один день, чтобы распечатать каждый уровень дома, а затем ещё пять, чтобы поставить их друг на друга.

При построении стен использовалось запатентованное сырьё, состоящее из отвердителя и строительных отходов. Материал обладает высоким качеством изоляции и прочности, что позволяет печатному дому быть устойчивым к землетрясениям. По данным «WinSun», им удалось сократить 70% времени, 80% расходов на персонал и 60% затрат на материалы по сравнению с традиционными методами строительства. Площадь многоквартирного дома составила приблизительно 1100 м².

Вторым объектом является особняк, интерьер и каркас которого были напечатаны 3D-принтером. Модули спальни, гостиной, туалета и кухни были изготовлены на заводе «WinSun», доставлены на место и собраны менее чем за 3 часа.

2015 г. Филиппины. Компанией Андрея Руденко «Totalkustom» были построены апартаменты на территории гостиницы на Филиппинах. Размеры составили 10,5 м х 12,5 м, а высота 3 метра. Здание было возведено с применением таких местных материалов, как песок и вулканический пепел (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 - Здание, построенное при помощи 3D-принтера

2016 г. Китай. Инженерами компании были представлены китайские виллы-дворики, напечатанные 3D-принтером. При возведении данных

строений дизайнеры вдохновлялись древними садами Сучжоу, которые внесены в список наследия ЮНЕСКО, а также являются одной из достопримечательностей Китая.

Возведено было два дома, площадь которых составила 80 и 130 м². Каждый дворик имел сад, галерею, стены, кровать и окна, 3D-печатные плитка и стулья. Необычный факт состоит в том, что данные печатные домики подвергались воздействию как современных китайских технологий, так и традиционной философии данной страны. Расположение, форма и даже размеры каждой отдельной детали, будь то стол или скамейка, были выбраны на основе глобальных серьезных расчётов, были призваны обеспечить максимальный уровень покоя и комфорта.

Зелёные стены разрабатывались специально для того, чтобы в ландшафт дворика были добавлены краски, также в них имеются компактные ниши для выращивания фруктов и овощей. Колодцы и аквариумы для рыб были предусмотрены во внутреннем дворе. В них встраивалась автоматическая система полива растений.

По данным «WinSun», для создания данного сооружения было занято два месяца, стоимость же составляла 5000 юаней за м² или \$750 по курсу от 1.06.2020. При строительстве был использован стационарный 3D-принтер собственного производства компании.

2016 г. ОАЭ. Реализован первый в мире проект офисного здания, который был напечатан 3D-принтером. Новое сооружение расположено на территории комплекса «Emirates Towers». Кипенно-белый офис футуристического вида путем экструзии цементной смеси слой за слоем печатался огромным 3D-принтером. Небольшие мобильные 3D-принтеры также задействовались. Данный "офис будущего" состоит из нескольких небольших сооружений, которые расположены рядом, а его площадь составляет 250 м². На строительство и отделку ушло чуть более 2-х недель (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Офисное задание, созданное с помощью 3D-принтера

2016 г. Нидерланды. Компанией «Dus Architects» был создан скульптурный фасад для здания, объединив растягиваемую плотную ткань и 3D-печатный биопластик, в котором проводил заседания Европейский Союз на протяжении полугода в 2016 году. Архитекторами «DUS» был создан фасад, который можно было переработать. Была разработана специальная пластмасса на биологической основе, изготовленная из льняного масла. Преимуществом данного материала было как в том, что он был создан из растений, так и в том, что его можно измельчить, благодаря чему повторно использовать в печати.

2017 г. Россия. В Ярославле компанией «Спецавиа» был представлен первый жилой дом в Европе и СНГ, возведённый при помощи технологии строительной 3D-печати. Строительство дома начали в 2015 году. Коробка здания по частям отпечатывалась порталным принтером, а затем была смонтирована на фундаменте за один месяц в декабре 2015 года. Летом 2017 устройство крыши было завершено и проведены основные объёмы внутренних отделочных работ (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Здание, построенное при помощи 3D-принтера

2017 г. Китай. Был возведён проект от другой компании из Поднебесной, «Tengda», которая является прямым конкурентом компании «WinSun». Главным отличием было то, что инженеры Tengda возводили здание на непосредственно участке, а не на собственном производстве. Из данного же события было создано самое настоящее шоу — 45 дней возведения виллы транслировались в прямом эфире.

При строительстве использовался традиционный железобетон без добавок. По словам авторов проекта, при реализации специально была выбрана доступная смесь, чтобы уменьшить стоимость расходного материала и затраты на его доставку.

На стены виллы толщиной 25 см ушло около 20 тонн бетона марки С30. Строители провели сейсмические испытания и их результаты поражают: 3D-печатное здание в состоянии выдержать землетрясение магнитудой до восьми баллов по шкале Рихтера.

2017 г. Россия. Компанией «Apis Cor» было представлено первое полностью отпечатанное на строительной площадке здание площадью 37 м². Напечатанный дом имел необычную закругленную форму. Сделано это было для наглядной демонстрации гибкости технологии печати, форма построек может быть любой формы, в том числе и классической прямоугольной. В

сравнении с другими строительными 3D-принтерами, этот экземпляр является довольно компактным (4×1,6×1,5 м), его вес составляет всего 2 тонны, что позволяет без каких-либо трудностей транспортировать его на места строительства.

2018 г. Франция. Компания «Yhnova» представила пятикомнатный одноэтажный дом с площадью 95 м². Для его возведения инженеры использовали большой манипулятор, на конце которого закреплён экструдер для монтажной пены. Во время работы он наносил пену в соответствии с загруженной в него 3D-моделью здания. После нанесения пены строители периодически заливали возведённую часть бетоном, а также вставляли рамы дверей и окон.

2018 г. США. Американская компания «Icon» возвела прототип дома в Техасе для подтверждения работоспособности своей технологии. Площадь здания составила 32 м², печать выполнялась порталным типом 3D-принтера, который передвигался по установленным на площадке рельсам.

2018 г. Испания. Компания «Be More 3D» отпечатала здание из бетона площадью 24 м². Для постройки использовался двухопорный 3D-принтер, ширина которого составляет 7 м, а высота 5 м.

2018 г. Дания. Компания «3D Printhuset» отпечатала в Нордхавне офис площадью 50 м². Используемый для печати 3D-принтер относится к типу «портальный» и имел размер 8 х 8 х 6 метров. Скорость печати 2,5 метра/мин. Каждый слой 50-70 мм. Материал для печати - бетон, изготовленный в значительной степени из переработанных плиток и песка.

2018 г. Италия. Компания «Crane Wasp», используя трёхопорный строительный 3D-принтер, возвела здание за десять дней. В доме использовалась технология пассивного солнечного нагрева и естественная вентиляция. Состав для печати был создан на основе отходов от выращивания риса (он на 25% состоял из местной почвы (глина и песок), на 40% – из соломы, ещё на 25% – из рисовой шелухи и на 10% – из гидравлической извести) (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Здание, построенное при помощи 3D-принтера

2018 г. Италия. Компания «Agur» в коллаборации с архитектурным бюро «CLS Architetti» возвели здание за 1 неделю площадью 100 м^2 . Здание печаталось сегментами с последующей сборкой на строительной площадке.

2018 г. Саудовская Аравия. Нидерландская компания «CyBe Construction» завершила строительство здания площадью 80 м^2 . На 3D-печать необходимых элементов ушло около недели, а на сборку чуть больше суток. Стены состоят из 27 напечатанных блоков, на изготовление парапетов понадобилась ещё 21 блок.

2019 г. США. Компания «S-Squared 3D Printers» (SQ3D) показала прототип жилого дома, который можно возвести от пола до крыши всего за двенадцать часов. Дом имеет площадь 46 м^2 . В процессе печати использовался 3D-принтер двухопорной конструкции.

2019 г. ОАЭ. Компания «Apis Cor» объявила о завершении строительства крупнейшего в мире здания с помощью технологии 3D-печати. Расположенное в Дубае, здание площадью 650 м^2 имеет высоту здания 9,5

метров и вошло в Книгу рекордов Гиннеса как самое большое здание, отпечатанное непосредственно на строительной площадке (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Здание, построенное при помощи 3D-принтера

2019 г. Мексика. Американская компания «Icon» возвела два жилых здания по заказу некоммерческой организации «New Story», в юго-восточной Мексике. Отпечатанные здания имеют плоскую крышу, изогнутые стены и площадь 46,5 квадратных метров. [12]

Нидерланды. Небольшое здание «Urban Cabin» в столице Нидерландов стал экспериментом местной архитектурной студии «DUS», которая искала способ построить небольшое жильё в городских условиях.

Альтернатива коммунальным квартирам «по-амстердамски» не отличается от них по размерам — на 25 кубометрах пространства имеются: крыльцо, одна комната с креслом-трансформером, превращающимся в диван или две односпальных кровати. Дом имеет дверь и одно окно, а также «карманный парк» в виде газона перед входом, на котором располагается импровизированная ванна-фонтан.

«Городская кабина» изготовлена методом послойного наплавления нити (FDM) из прочного биопластика. Как утверждают авторы проекта, главная цель состоит в том, чтобы показать, как 3D-печать может

предложить решения для временного жилья при ликвидации последствий стихийных бедствий. [13]

Curve Appeal. Чикаго, США. Команда архитекторов предложила проект дома из 3D-пластика, углеродного волокна и стекла.

Проект Curve Appeal включает в себя изогнутую, дугообразную структуру, состоящую из внешних панелей и внутреннего ядра. Дома будут иметь площадь от 56 до 74 м², включать в себя: кухню, гостиную, одну спальню и ванную комнату. Curve Appeal - это продуманный подход к дизайну. Он хорошо реагирует на условия участка, увеличивает возможности матричного производства и имеет интеграцию обычных строительных систем (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Curve Appeal

Project Milestone. Эйндховен, Нидерланды.

Технологический университет Эйндховена совместно с местной архитектурной студией «Houben & Van Mierlo Architecten» планируют создать первый в мире коммерческий 3D-печатный проект жилья, доступный для аренды.

Дома будут иметь изогнутые стены с балконными нишами и глубоко посаженными окнами, и дверями. По словам архитекторов, идея навеяна менгироподобными сооружениями Стоунхенджа. Каждый дом будет напечатан с использованием специально разработанной бетонной смеси с низким содержанием цемента. Команда технологического университета Эйнховена утверждает, что строительство будет иметь низкое воздействие на окружающую среду, так как выбросы углерода, связанные с производством цемента, будут сокращены.

Архитекторы считают, что техника, используемая для проекта, позволит обеспечить "свободу формы и текстуры" при проектировании зданий, поскольку 3D-печать имеет возможность создавать более широкое разнообразие форм, чем традиционные методы строительства. 3D-печать может развиваться до такой степени, что компьютеризированное программное обеспечение позволит людям проектировать и строить свои дома самостоятельно, буквально "одним нажатием кнопки" (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 - Project Milestone

3D-печатный дом 1.0. Дом, напечатанный из соли.

В основе проекта лежит слияние традиционных методов и технологии 3D-печати, применены передовое и возобновляемое сырье: соль и особый

цемент. Снаружи трёхмерный печатный дом изготовлен из цементного полимера с арматурой. Сырьё представляет собой прочный и твёрдый материал, который, в отличие от обычного бетона, более устойчив к различным воздействиям. Здания, построенные из такого материала, обладают небольшой массой. Стены могут обрабатываться шлифовальной машиной, станком, пескоструйным оборудованием, им можно придать матовый или глянцевый вид. Красивый орнамент стен пропускает солнечный свет, создающий насыщенные оттенки и замысловатые тени.

Комнаты разместятся в прозрачных 3D-конструкциях, похожих на сосуды и имеющих название "SALTYGLOO". Сосуды изготавливаются из солевых полимеров; соединение клея и солей поспособствовало созданию идеального сырья для изготовления объектов в трёхмерном прототипировании. Оно прочное, лёгкое, дешёвое и полупрозрачное (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Дом, напечатанный из соли

Проект реставрации Нотр-Дам де Пари. Париж. Франция.

Сразу же после трагедии, случившейся с собором Нотр-Дам в Париже, стали появляться многочисленные проекты по его восстановлению. Авторы

одной из идей, а именно голландской компании «Concr3De», так прокомментировали свой проект:

"Мы увидели, как рухнул шпиль, и подумали, что можем предложить способ объединить старые материалы с новыми технологиями".

Компания «Concr3De», основанная архитекторами Эриком Гебоерсом и Маттео Бальдассари, уже изготовила 3D-модель Стрикса - одной из самых известных горгулий Нотр-Дама, которая появилась на крыше собора во время реставрации XIX века. Статуя выполнена из смеси материалов, взятых на пепелище храма, что добавил ей аутентичности. Процесс создания копии Стрикса занял меньше суток. И это является весомым аргументом против привлечения ремесленников и скульпторов, которые будут использовать те же методы и материалы, что и в XIII веке. Кроме того, оригинальный известняк, используемый при строительстве и называемый "парижским камнем", добывали в шахтах, которые давно уже накрыты чертой города и доступ к ним запрещён ещё в 60-ых годах прошлого века. Поэтому «Concr3De» предлагает изготовить на 3D-принтере все утраченные каменные элементы собора. 3D-копии не будут отличаться от оригиналов и выдержат любые климатические капризы. Предложение «Concr3de» позволит использовать исходный материал повреждённого здания при его реконструкции. Даже известняк, пострадавший от высоких температур пламени, мог бы быть использован в процессе. Метод может быть применён также для печати каменных сводов, чтобы заменить те, которые были повреждены, когда рухнул шпиль.

Архитекторы «Concr3De» уверены, что их предложение поможет "ускорить реконструкцию и сделать собор, который будет не просто копией оригинала, а скорее собором, который с гордостью продемонстрирует свою многослойную историю".

Павильон «SOM-designed»

Архитектурная фирма «SOM» создала 3D-печатную структуру, которая генерирует собственную энергию и делится ею с сопутствующим транспортным средством, обеспечивая возможность автономной жизни.

«SOM» в партнерстве с Национальной лабораторией «Oak Ridge» Министерства энергетики США создали изогнутый павильон, который является крупнейшей 3D-печатной полимерной структурой. Замкнутая система батарей связывает его с транспортным средством, разработанным «Oak Ridge», которое было сделано с использованием той же технологии (рис. 1.10).

Проект был разработан в качестве прототипа для инициативы под названием "аддитивное производство интегрированной энергии" (АПИЭ), целью которой является содействие новым способам мышления о производстве, хранении и использовании электроэнергии. Прототип предназначен, чтобы показать, как энергия может быть распределена между зданием и моторизованным транспортным средством.

«SOM» совместно с партнёрами оптимизировали форму структуры, уменьшив количество используемого материала и показав способность трёхмерной печати создавать сложную, органическую геометрию. Оболочка здания на 80% состоит из непрозрачных панелей и на 20% из остекления, что обеспечивает высокую эффективность ограждения.

В крышу интегрированы солнечные панели, питающие батарею под зданием, которая в свою очередь приводит структуру в действие вечером. 3D-печатный автомобиль генерирует свою собственную энергию, используя гибридную электрическую систему.

Как павильон, так и автомобиль используют энергию совместно друг с другом через беспроводную систему, в которой энергия передаётся через электромагнитные поля, а затем захватывается и распределяется приёмным устройством.

"Проект является пионером двухстороннего, беспроводного обмена энергией между 3D-печатным транспортным средством, энергосистемой и

фотовольтаикой, встроенной в структуру", - поделились авторы этой оригинальной идеи. [14]



Рисунок 1.10 - Павильон «SOM-designed»

Pod Skyscraper. Токио, Япония.

Автор концепции, малазийский архитектор Хасиф Рафиэи, придумал небоскрёб, строительство которого не должно прекращаться - как только в доме захочет поселиться новый жилец, в конструкцию будет встраиваться напечатанный на 3D-принтере новый жилой модуль. Проект здания представляет собой каркас с пустыми ячейками, с интегрируемыми в них жилыми модулями. Печатный аппарат расположится на верхних этажах, и по мере роста здания, печатная система будет подниматься всё выше. Как только модуль будет готов, подъёмный кран установит его в пустую ячейку. Жильцы смогут сами выбирать конфигурацию модулей и их оформление, а надоевшие или поврежденные блоки могут быть заменены или отремонтированы.

Архитектор считает, что «Pod Skyscraper» должен помочь улучшить ситуацию на рынке жилья, так как много проектов в Японии замораживается, а данный концепт с модульной системой будет позволять достраивать жильё по мере спроса на него (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 - Pod Skyscraper

В ОАЭ же строится город, предназначенный для тренировки космонавтов в условиях, приближенных к реальности. Проект называется «Mars Science City». Стены хозяйственных построек возведут из песка с помощью 3D принтера.

Тем временем, «NASA» совместно с армией США и компанией «Caterpillar» работают над технологией быстрого возведения экспедиционных конструкций из подготовленной смеси и случайных подручных материалов для строительства казарм, баррикад, барьеров, мостов, заградительных препятствий, барьеров. [15]

Печать мостов. Амстердам, Нидерланды.

Печать мостов в Амстердаме по технологии 3D-печати будут осуществлять роботы компании «MX3D».

Проект представляет собой сотрудничество группы компаний, объединившихся вокруг «MX3D». В частности, при реализации проекта будут задействованы программное обеспечение компании «Autodesk» и строительные мощности компании «Heijmans».

Один из участников проекта, дизайнер Йорис Лаарман, так прокомментировал цель и ценность данного проекта:

«Я твёрдо верю в будущее цифровых технологий в производстве и в превращение подобных производств в новое ремесло (индустрию)».

Этот мост продемонстрирует, как 3D-печать попадёт в строительную индустрию, предоставив полную свободу создания беспрецедентных форм. Позволит создавать масштабные и функциональные объекты с применением экологичных материалов.

В компании «MX3D» отметили, что реализация данного проекта возможна благодаря применению новых технологических решений и использованию роботизированных 3D-принтеров нового поколения. Данное оборудование представляет из себя – многоосевые роботы, позволяющие «рисовать в воздухе» и использующие металл, пластмассы и комбинированные материалы в качестве основы.

Преимущества и новизну своих технологических решений прокомментировал Тим Геуртъянс, технический директор «MX3D»:

«То, что отличает наши технологии от традиционных – это возможность работы вне «коробки». Работая с 6-осевыми промышленными роботами мы более не ограничены коробкой 3D-принтера, внутри которой и происходит сегодня печать в других моделях принтеров объёмной печати».

При возведении, в рамках данного проекта, мостов, роботы будут использовать специальную марку стали. Сообщается, что роботы оснащены специализированными устройствами, позволяющими нагревать металл до 1500 градусов по Цельсию. Такой подход позволит создавать прочную структуру конструкции, что позволит сделать мост долговечным.

Аналогичный проект воплотили в жизнь в Испании. Мост сделан из железобетона. Длина конструкции – 12 метров. Инженеры работали над проектом 15 лет.

Опыт других стран показал, что прогресс в сфере строительной 3D-печати не стоит на месте: постоянно внедряются новые методики, создаются различные материалы, в том числе из переработанного сырья, разрабатывается высокотехнологичное оборудование. За короткий

промежуток времени этой технологией было заинтересовано большое количество предприятий, которые занимаются разработкой оборудования, специальных строительных смесей, библиотек конструктивных решений для проектирования зданий под 3D-печать, а также подготовкой законодательно-нормативной и регуляторной базы.

Есть все основания полагать, что в будущем весь процесс строительства сможет стать полностью автоматизированным, без вмешательства людей не только при печати фундамента и стен, но и при печати перекрытий и крыш, автоматически устанавливать инженерные коммуникации, двери и окна. Также, возможно, что в будущем мы не будем ограничиваться печатью домов в 2-3 этажа, а сможем перейти к многоэтажному строительству. [16]

2 ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

2.1 Изучение потребительского спроса на 3D-печать домов

В России, как и во всех других странах мира, инновации не всегда сразу положительно воспринимаются людьми из-за неосведомленности и малого опыта. Для решения этой проблемы необходимо масштабно внедрять инновации в различные отрасли. И одним из ключевых факторов, влияющих на внедрение инновации, будет спрос на неё. Для того чтобы изучить готовность потребителей покупать и жить в домах, построенных с помощью 3D-печати, был проведен опрос.

Опрос – это один из методов маркетингового исследования, который рассматривается как способ получения «внешней вторичной» маркетинговой информации. Сущность любого опроса состоит в получении ответа на интересующий интервьюера вопрос от данной группы лиц или же отдельных лиц.

Анкета - самое распространенное орудие исследования при сборе данных. Анкета - инструмент очень гибкий в том смысле, что вопросы можно задавать множеством разных способов. В ходе разработки анкеты вдумчиво отбираются вопросы, которые необходимо задать, выбирается форма этих вопросов, их формулировки и последовательность.

При разработке анкеты был учтен ряд требований к правильности составления.

Структурная схема анкеты:

1. Вводная часть. В ней указывается, кто проводит опрос, цель опроса, дается инструкция заполнения анкеты, выгоды, которые получит респондент. Вводная часть подчеркивает уважение к респонденту и формирует желание отвечать на вопросы, обязательно подчеркивается анонимность опроса.

2. Контактные вопросы. Их задача заинтересовать респондента, ввести в курс изучаемых проблем.

3. Блок основных вопросов – вопросы по существу дела и вопросы, контролирующие правильность и подлинность ответов (открытые и закрытые, завуалированные и не завуалированные).

4. Заключительные вопросы. Цель – снять психологическое напряжение у респондента. В этот же блок входят вопросы, позволяющие составить социально-демографический портрет респондента (пол, возраст, место жительства, социальное положение, уровень доходов, образование и пр.).

Требования в последовательности вопросов:

- 1) первый вопрос должен пробудить у опрашиваемых интерес;
- 2) те вопросы, которые могут оказать влияние на другие вопросы, находятся вначале;
- 3) в середине следует расположить ключевые и однообразные вопросы;
- 4) в конце располагаются вопросы, классифицирующие респондентов на группы, а также трудные вопросы.

Требования к вопросам:

1. Респондент должен хорошо понимать вопрос, на который должен ответить:

- анкета не должна содержать трудных слов и специальных терминов, незнакомых респонденту;
- вопросы анкеты должны быть легкими и иметь однозначный ответ;
- формулировка вопросов на предмет понимания их респондентами должна специально проверяться при пробном тестировании анкеты.

2. Респондент должен иметь возможность ответить на вопрос:

- вопросы должны касаться только имеющегося у респондентов опыта;

– вопросы не должны задаваться на уровне подсознания респондентов;

– вопросы должны учитывать ненадежность памяти респондентов.

3. Респондент должен иметь желание давать откровенные и правдивые ответы:

– вопросы не должны носить ярко выраженного личного характера;

– вопросы не должны затрагивать деликатные темы;

– вопросов должно быть разумное количество.

Требования к лексическому оформлению вопросов:

1. Следует четко подбирать слова.

2. Необходимо избегать слов, показывающих предубежденность.

3. Не следует использовать трудных для понимания слов.

4. Нельзя наводить респондента на ответ.

5. Следует избегать перегруженных формулировок.

6. Нужно четко формулировать варианты ответа.

Требования к лексическому оформлению вопросов:

1. Следует четко подбирать слова.

2. Необходимо избегать слов, показывающих предубежденность.

3. Не следует использовать трудных для понимания слов.

4. Нельзя наводить респондента на ответ.

5. Следует избегать перегруженных формулировок.

6. Нужно четко формулировать варианты ответа.

Опрос проводился в течение месяца, за это время было заполнено 130 анкет.

Говоря о строительстве домов, следует для начала понять, где именно проживают опрашиваемые: в квартире или доме, и хотели бы они иметь свой собственный загородный дом. По результатам опроса 94,4% ответили, что проживают в квартире, а 5,6% в доме (рис. 2.1).

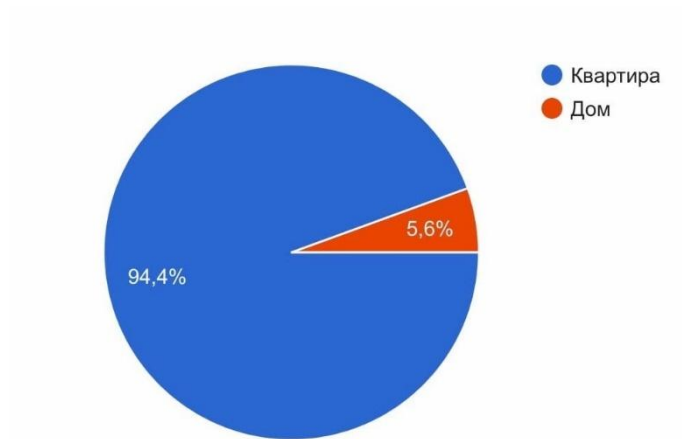


Рисунок 2.1 – Ответы респондентов на вопрос: «Где вы живете?»

Но при этом только 77,8% сказали, что хотели бы иметь загородный дом, а 22,2% ответили нет (рис. 2.2).

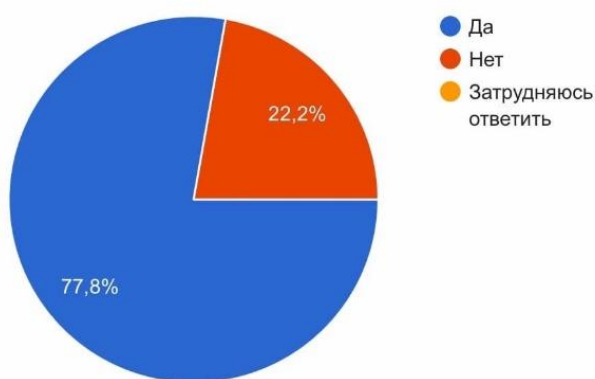


Рисунок 2.2 – Ответы респондентов на вопрос: «Хотели бы вы иметь загородный дом?»

Опрашивая респондентов об их осведомленности о технологии 3D-печати в строительстве, 61,1% опрашиваемых сказали, что знают об этом, 33,3% что-то об этом слышали и только 5,6% ничего об этом не знали (рис. 3).

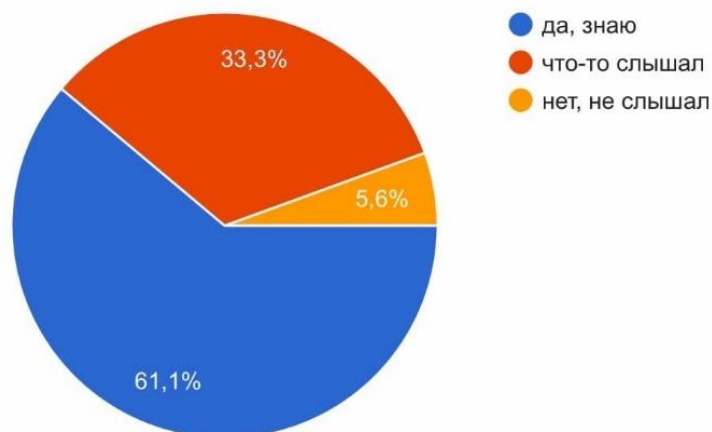


Рисунок 2.3 – Ответы респондентов на вопрос: «Знаете ли вы о технологии 3D-печати в строительстве?»

На вопрос считают ли респонденты 3D-печать домов перспективной идеей в ближайшем будущем 88,9% опрошенных ответили положительно и только 11,1% негативно (рис. 4).

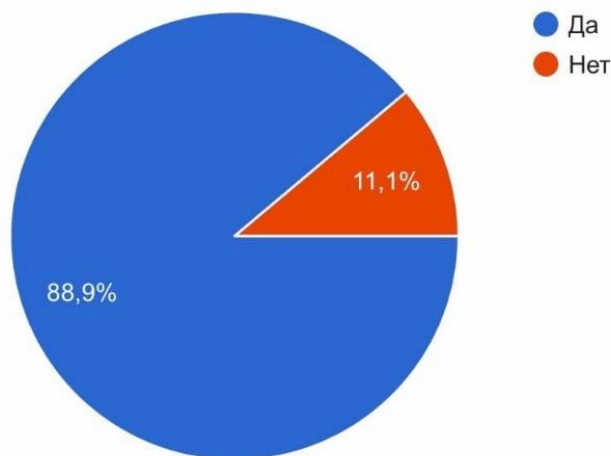


Рисунок 2.4 – Ответы респондентов на вопрос: «Считаете ли вы 3D-печать домов перспективной идеей в ближайшем будущем?»

На вопрос о том, какую цену готовы заплатить респонденты за напечатанный дом (100 м²), 50% ответили, что от 300-500 тыс. руб., 27,8%

ответили, что 500 тыс. руб.-1 млн руб. и 22,2% готовы заплатить цену от 1 млн руб. и выше (рис. 5).

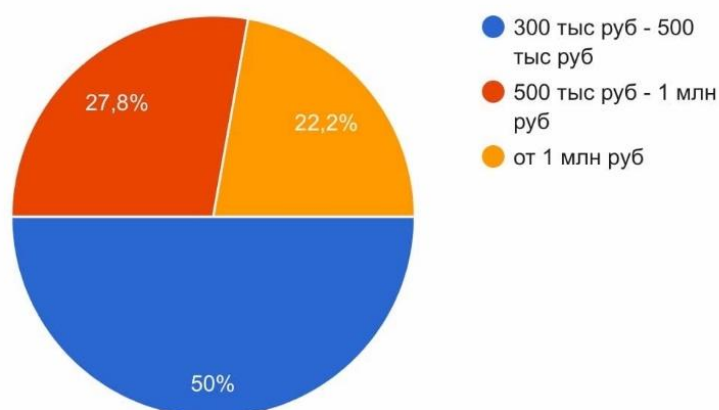


Рисунок 2.5 – Ответы респондентов на вопрос: «Если бы вам предложили 3D-печать дома, какую цену вы готовы заплатить? (100 м²)»

Последующие три вопроса, а именно: пол, возраст и статус позволяют понять, какие группы людей принимали участие в опросе. 55,6% опрошиваемых были женщинами, 44,4% - мужчинами. (рис. 6).

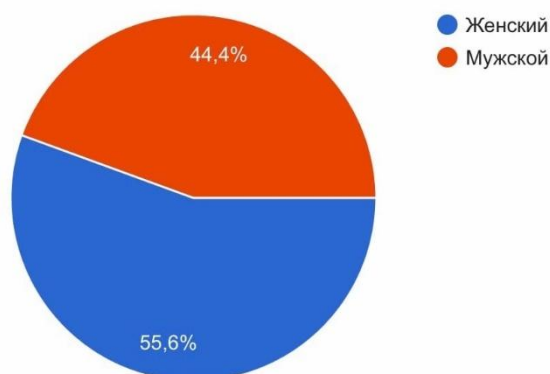


Рисунок 2.6 – Ответы респондентов на вопрос: «Ваш пол»

72,2% опрошиваемых были от 18-24 лет, 16,7% от 25-35 лет, 5,6% от 35-45 лет и 5,6% от 45 лет и выше (рис. 7).

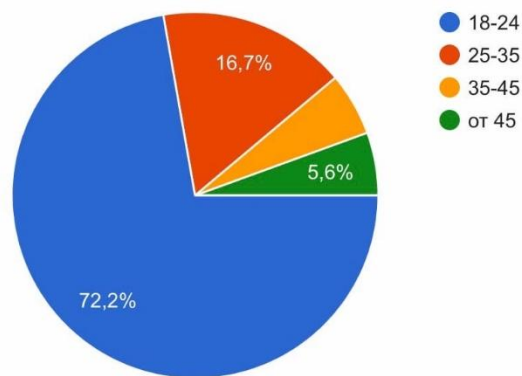


Рисунок 2.7 – Ответы респондентов на вопрос: «Ваш возраст»

Статус 61,1% опрошенных – холост, 33,3% - женат и 5,6% - разведен (рис. 8).

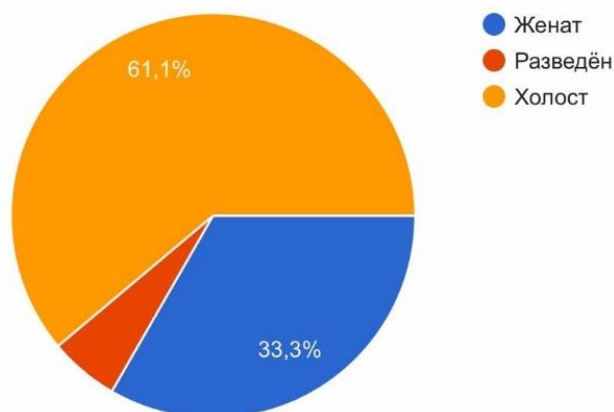


Рисунок 2.8 – Ответы респондентов на вопрос: «Статус»

Проведенный опрос позволил оценить, насколько потребитель готов и как он относится к нововведениям в такой отрасли, как строительство. Результаты показали, что в большинстве своем люди считают идею 3D-печати перспективной, их осведомленность также имеет высокий процент, желание иметь загородный дом 77,8% опрошенных, что в совокупности говорит о том, что спрос на дома, напечатанные 3D-принтером растет, ведь 72,2% опрошенных были в возрасте от 18-24 лет.

Зная потребительский спрос, любому предприятию, прежде чем начать производить свою продукцию, необходимо изучить затраты. В связи с этим, следующим этапом бакалаврской работы стала оценка затрат на применение 3D технологий в строительстве.

2.2. Анализ затрат на применение 3D-технологий в строительстве

В настоящее время применяют различные технологии строительства жилых и нежилых зданий. Мы рассмотрим классическое строительство, используя материал для кладки стен такой, как газоблок и инновационную технологию строительства при помощи 3D-принтера.

Кардинальные отличия приведенных выше технологий строительства заключаются в следующем:

1. используемые материалы для строительства
2. выполняемые на объекте работы
3. сроки выполнения работ.

Рассмотрим подробнее каждый из пунктов:

1. При классическом строительстве в качестве примера рассмотрим такой материал для кладки стен, как газоблок. При строительстве 3D-принтером используется бетонная смесь.

2. При классическом строительстве используется наемный труд людей, к примеру, у компании есть сотрудники в штате для выполнения строительных работ или компания пользуется услугами подрядных организаций. При строительстве 3D-принтером используется также труд высококвалифицированных людей, но само строительство полностью автоматизировано.

3. При классическом строительстве сроки выполнения работ в среднем для постройки дома в 150-200 м² составляют 6-7 месяцев. При строительстве 3D-принтером сроки составляют 2-3 месяца.

Общая стоимость постройки одноэтажного дома в 100 м² классическим способом, при помощи подряда и с применением такого материала, как газоблоки, составляет 4200000 рублей.

Рассмотрим строительство при помощи 3D-принтера на примере первого полностью отпечатанного дома на принтере Apis Cor (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Отпечатанный дом!

Площадь здания составила 38 м². Общая стоимость строительства «под ключ», включая фундамент, стены, перекрытия, кровлю, электропроводку, двери и окна, наружную и внутреннюю отделку, составила 593 568,19 руб, но это без учета стоимости работ некоторых специалистов. Принтер был мобильным. Погрузчик привозил его в кузове — и устанавливал на подготовленный фундамент в месте строительства.

На рисунке 2.10 указаны основные особенности работы с 3D-принтером.

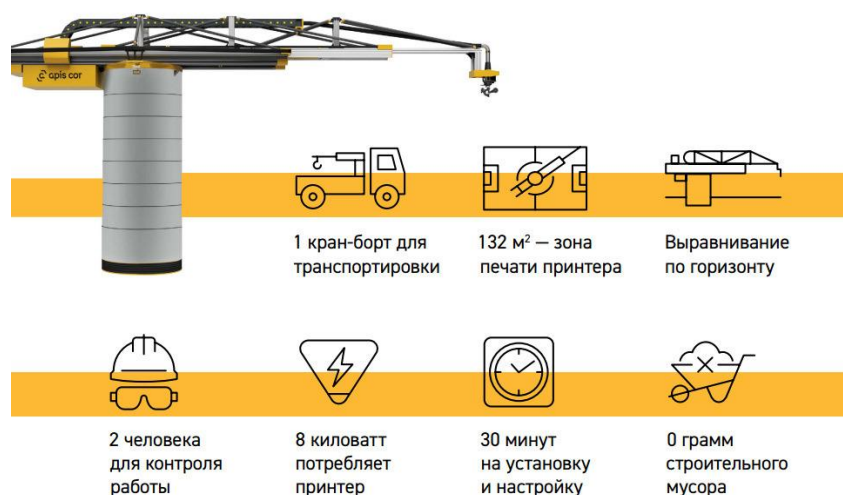


Рисунок 2.10 – Особенности работы с 3D-принтером

Стоимость печати домика из бетона дешевле возведения обычной «коробки» из блоков.

Таблица 2.1 – Сравнение строительства из газоблоков с технологией 3D-печати

№	Наименование	Газоблоки	Apis Cor
1	2	3	4
1	Логистика материалов	-	Меньше в 3,7 раз
2	Материал, на 1 м ³ стены	1 м ³ газоблоков	0,267 м ³ смеси
3	Скорость строительства 1 м ³ стеновой конструкции	3,56 чел/часа	0,86 маш/часа
4	Стоимость стены на 1 м ³	4445 руб.	1556 руб.

У отпечатанных домов присутствует масса преимуществ, что делает их действительно уникальными.

Основными плюсами являются:

1. Практически произвольная форма стен. Закруглённые стены с любыми углами. Идеальная точность строительства. Принтер имеет встроенную

систему автоматического выравнивания по горизонту и систему стабилизации.

2. Стены сразу после обработки готовы под покраску декоративной штукатуркой, что безусловно является дополнительным удешевлением отделочных работ. Это касается как внутренней, так и внешней отделки.

3. Форму стен, размер и расположение окон можно идеально спланировать с учётом окружающего пейзажа и освещённости.

Из недостатков следует упомянуть ограничения по датам строительства. Применение бетонной смеси, используемой в качестве «чернил» возможно только при температуре от 5°C выше нуля, что делает стройку зимой невозможной. Существуют прогнозы, что в будущем принтер научится работать с геополимерным бетоном из природных компонентов — таким материалом можно печатать при более низких температурах. К тому же он превосходит обычный бетон по другим параметрам.

Также в таком доме нет места для установки котла или другой системы отопления. Но решить эту проблему можно с помощью электрообогревателя. Смета первого дома вышла в районе \$10 000, хотя в смете учтены работы не всех специалистов. В смете есть монтаж оконных и дверных блоков, отделка стен, окраска фасада, устройство водоотвода, устройство гидроизоляции, устройство теплоизоляции, но остальные работы никак не учтены. Вероятно, с этими работами дом «под ключ» выйдет в два раза дороже, то есть примерно \$20 000. [19]

Таблица 2.2 – Статьи затрат на производство дома площадью 38 м²

№	Наименование	3D принтер, руб
1	2	3
1	Фундамент	14 819
2	Стены	95 629,64
3	Перекрытия, кровля	144 267,55
4	Электропроводка	12 650
5	Двери и окна	211 052
6	Наружная отделка	46 250

№	Наименование	3D принтер, руб
1	2	3
7	Внутренняя отделка	68 900

При классическом же строительстве такой дом при равном количестве квадратных метров стоил бы 1596000 рублей.

Учитывая стоимость самого принтера, а также работы специалистов, которые не были учтены в смете, можно сделать вывод, что данная технология является достаточно дорогой и не все строительные организации смогут себе позволить настолько дорогостоящее оборудование.

2.3. Оценка перспектив использования 3D-печати в строительстве

Приобретенный опыт по использованию 3D технологий в строительстве говорит о том, что ученые всех стран заинтересованы в развитии данного метода. Технология 3D-печати зданий и сооружений безусловно является инновационной и достаточно перспективной, однако, при ее применении приходится сталкиваться с рядом проблем. [20] Опираясь на изученные в первой главе недостатки можно предположить, как решить их в будущем. Один из главных недостатков – сокращение числа рабочих мест.

Сегодня многие отрасли заменяют ручной труд к автоматизированными процессами. Сокращение ручного труда – это один из главных этапов совершенствования любой компании в любой отрасли. Строительные компании также были подвержены изменениям и, в следствие появления новых инновационных технологий, таких, как 3D-печать, число рабочих мест существенно сократилось. Решить эту проблему можно путем переквалификации существующего рабочего персонала. Инновационные технологии все равно нуждаются в обслуживании и/или программировании,

поэтому переобучение персонала может, хотя и частично, но решить данную задачу.

Следующий недостаток – это транспортировка. Крупногабаритный 3D-принтер требуется доставить на строительную площадку и обратно. Сегодня это достаточно весомый минус данной технологии. Но прогресс не стоит на месте и возможно в будущем 3D-принтеры станут более компактными и для их транспортировки не будет требоваться дополнительное оборудование.

Высокие риски является следующим недостатком. Он заключается в том, что любая ошибка в цифровой модели может привести к серьезным проблемам в процессе строительства. Данный недостаток правильнее будет отнести к специфическим моментам работы на оборудовании. Ведь для избежания каких-то серьезных проблем во время строительства, необходимо, чтобы персонал обладал такими чертами, как внимательность, ответственность, а также являлся высококвалифицированным.

Кто, что компании-производители традиционных строительных материалов могут пострадать из-за не востребованности их товаров, также является недостатком. Если 3D-принтер будут использовать повсеместно, то такое развитие событий может произойти. Эту проблему можно решить путем смены спецификации. Компаниям-производителям следует сделать акцент на производстве материалов для 3D-печати. В таком случае, производители не потеряют доход от продаж.

Для внедрения данной технологии, организациям следует провести следующие мероприятия:

1. Строительной организации следует разработать технико-экономическое обоснование внедрения нового оборудования. Оно включает все аспекты внедрения, в которых будет отражено производственная эффективность и финансовый результат.

2. У строительных организаций есть несколько вариантов по внедрению технологии 3D-печати в своё производство:

- 1) покупка 3D-принтера

2) кредит или займ

3) лизинг

1) Покупка

У покупки оборудования есть ряд плюсов и минусов.

Преимущества:

- оборудование в собственности
- нет дополнительных затрат на проценты банкам

Недостатки:

– необходимо привлекать единовременно крупные суммы денежных средств на приобретение оборудования

- увеличение налоговой нагрузки

2) Главные преимущества кредита в банке

В зависимости от вида займа, периода, на который он берется, платежеспособности, ситуации в стране существуют определенные достоинства и недостатки кредитов. Рассмотрим основные преимущества.

– Возможность приобрести товар или получить услугу в тот момент, когда присутствует потребность в этом.

- Надежность сделки.

– Фиксированный и невысокий процент по сравнению с другими организациями, которые предлагают займ.

- Доступность практически для любого уровня дохода.

– Возможность взять деньги на любой период времени и погасить раньше срока.

- Небольшой список документов.

- Разнообразие в выборе займов под любые цели и сроки.

– Возможность взять деньги на инвестирование и развитие организации.

– Наличие безналичных расчетов, что позволяет в любой момент осуществить платеж путем электронного перевода.

– Появление системы более грамотного планирования расходов и денежных потоков.

– Увеличение инфляции отрицательно скажется на накоплении денежных средств, а выплата будет легче.

Недостатки кредита

У кредита существует ряд минусов:

– Высокая процентная ставка.

– Наличие графика выплат, который нельзя нарушать ни при каких обстоятельствах.

– Если берется целевой заем денег, его можно потратить только на конкретную вещь или услугу.

– У каждого банка есть ряд платных услуг по обслуживанию, которые можно не заметить при подписании договора.

– При взятии заемных средств на долгий срок, часто сталкиваются с риском получить одну сумму, а выплатить выше даже с учетом процентов. [17]

3) Лизинг является финансовым инструментом, позволяющим организации довольно легко привлечь дополнительные деньги на приобретение основных средств. Но с точки зрения законодательства, лизинг — это аренда, а не заем или кредит, что обуславливает определенные плюсы и минусы услуги.

Схема лизинговой сделки обычно выглядит следующим образом:

1. Лизингополучатель выбирает необходимое имущество и поставщиков, после чего заключает сделку с лизинговой компанией.

2. Лизинговая компания приобретает имущество, указанное в договоре, и передает его в пользование лизингополучателю.

3. Лизингополучатель вносит ежемесячные платежи.

4. По окончании срока договора лизингополучателю предоставляется право выкупа предметов лизинга по остаточной стоимости.

Рассмотрим основные плюсы лизинга:

– Снижение налоговых платежей. С юридической точки зрения, лизинг — это форма арендных отношений, все платежи по договору лизингополучатель может использовать для уменьшения налогооблагаемой базы по налогу на прибыль организации. НДС, включенный в лизинговые платежи, также подлежит полному возмещению. Можно воспользоваться и механизмом ускоренной амортизации предметов лизинга.

– Сохранение инвестиционной привлекательности. Лизинговые договоры не отображаются в балансе фирмы, как займы или кредиты. Это позволяет использовать лизинг для приобретения основных средств и одновременно привлекать деньги от кредитных учреждений для пополнения оборотного капитала.

– Возможность обновления или приобретения основных средств без больших единовременных затрат. Лизинг позволяет быстро получить необходимое имущество для развития текущего или открытия нового направления бизнеса, при этом у организации нет необходимости изымать существенные суммы из оборота. Первоначальный взнос по лизингу может быть относительно небольшим.

– Структурирование сделки. В рамках одной сделки может быть приобретено самое разное имущество и дополнительные услуги. Это позволяет клиенту получить готовое решение под ключ. Большинство лизинговых компаний при этом могут взять на себя вопросы по таможенному оформлению, доставке предметов лизинга и т. д.

– Возможность принять участие в различных программах государственного субсидирования. Власти страны стараются поддерживать российских производителей различной техники и оборудования, а также представителей малого и среднего бизнеса. Участвуя в специальных программах, можно существенно уменьшить переплату за услуги лизинга или вовсе свести ее к нулю.

– Разделение рисков. Притязания кредиторов лизингополучателя не могут привести к потере предметов лизинга. До окончания договора он является собственностью лизинговой компании.

Минусы лизинга

У лизинга существует ряд отрицательных черт. Прежде всего, к ним можно отнести повышенные риски. Если на этапе планирования лизингополучателем не будет проведен финансовый анализ своей дальнейшей деятельности, то есть большой риск лишиться как предмета лизинга, так и уже уплаченных платежей. Лизинговой компании для изъятия имущества не надо получать решение суда, а достаточно просто расторгнуть договор.

Следует отметить также следующие минусы лизинга:

– Часто высокая переплата. Ставка по договору обычно оказывается ничем не ниже установленной для аналогичных банковских кредитов. За счет страховки и других обязательных платных услуг переплата существенно возрастает. Впрочем, лизинговое соглашение заключается индивидуально с каждым клиентом, и все условия можно обсудить еще до его подписания.

– Относительно небольшое число предложений на рынке лизинговых услуг. В некоторых регионах работает всего несколько лизинговых компаний, а их условия могут оказаться далеко не самыми выгодными. Но нередко эту проблему можно решить, так как многие московские лизинговые компании работают с клиентами из любой точки РФ. [18]

3. Отделу материально-технического снабжения следует пересмотреть спецификации по запуску материалов.

Для возведения прочных, износоустойчивых несущих конструкций используются бетонные смеси с добавками. Наиболее востребованы на рынке следующие:

– чистый бетон;

- пескобетон;
- водостойкий гипс – для облицовочных работ;
- смесь со стеклянным волокном – для печати объемных элементов;
- с геополимерами из промышленных отходов – для хрупких конструкций;
- смесь с фиброволокном – для создания частей продолговатой формы;
- противоморозная смесь – для работы при отрицательных температурах;
- с пластификатором – для воссоздания ровной поверхности;
- с добавлением диатомитовых шариков – для шероховатости;
- модифицированный гипс – для декоративной печати.

4. Следует провести обучение или переквалификацию персонала для работы на новом оборудовании.

3D – это безусловно технологии будущего, но пока еще недостаточно проработанные для масштабного внедрения. Использовать в настоящее время 3D-печать целесообразно для небольших вспомогательных работ, требующих сложных форм реализации (ремонтные, реставрационные работы, нестандартные сложные формы).

Компании, решившие внедрить 3D-печать домов, скорее позиционируют себя как новаторы, и нацелены на такую же аудиторию.

Однако следует отметить, что перспектива развития 3D-печати в строительстве, а также внедрение в массовое производство, возможно только при решении ряда существующих проблем, описанных выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы было исследование опыта внедрения инновационных технологий 3D-печати в строительстве малоэтажных домов.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Рассмотрены инновационные технологии, применяющиеся в современном строительстве

Инновация – это изменение с целью внедрения, применения и использования новых научно-технических (технологических), организационно-экономических или иных решений, новых рынков сбыта и форм организации в промышленности, новых производственных и транспортных средств, а также видов потребительских товаров и др.

Одними из самых перспективных инноваций на сегодняшний день в строительстве считаются:

- BIM-модели
- Облачное управление проектами
- Цифровое производство
- Префабрикация
- Каркасное строительство
- Переставная модульная опалубка (ТИСЭ)
- 3D-панели

2. Изучены применение технологии 3D-печати в строительстве

3D-принтер — это станок с числовым программным управлением, использующий метод послойной печати.

В процессе изучения были рассмотрены:

- История создания 3D-принтера
- Конструкция, виды 3D-принтера для строительства, технологию строительства, какие материалы используются при 3D-строительстве, а также преимущества и недостатки 3D-принтеров.

3. Рассмотрены опыт других стран, применивших данную технологию в строительстве

В последние годы напечатанные здания всё чаще появляются в разных странах мира – В США, Саудовской Аравии, Италии, Франции, России и других.

Этим занимаются такие компании, как:

- Китай: «Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co», «Zhuoda»;
- Россия: «Totalkustom», «Apis Cor»;
- Нидерланды: «Dus Architects», «CyBeConstruction», «MX3D»;
- США: «Icon», «Crane Wasp», «S-Squared 3D Printers», «Caterpillar»;
- Испания: «BeMore3D»;
- Дания: «Printhuset»;
- Италия: «Agup»;
- Франция: «Concr3De».

Опыт других стран показал, что 3D-печать доказала свою состоятельность не только в малоэтажном строительстве, но и в многоэтажном. Помимо жилых домов, создавались офисные здания, павильоны, мосты, а также 3D-принтер задействуется в реставрации.

4. Изучен потребительский спрос на 3D-печать домов

Предоставляемая анкета состояла из 8 вопросов, ответы на которые давали информацию об отношении опрашиваемых к технологии 3D-печати в строительстве, а также пол, возраст и статус, относящие опрашиваемых к определенной социальной группе.

Данный опрос показал, что люди готовы покупать дома, построенные при помощи технологии 3D-печати, что является благоприятной средой для будущего внедрения данной технологии.

5. Оценены затраты на применение 3D технологии в строительстве

Затраты на строительство дома при помощи применения технологии 3D-печати были оценены на примере полностью отпечатанного дома принтером компании Apis Cor.

Площадь здания составила 38 м². Смета первого дома вышла в районе \$10 000, хотя в смете были учтены работы не всех специалистов. В смете есть монтаж оконных и дверных блоков, отделка стен, окраска фасада, устройство водоотвода, устройство гидроизоляции, устройство теплоизоляции, но остальные работы никак не учтены. Вероятно, с этими работами дом «под ключ» выйдет в два раза дороже, то есть примерно \$20 000.

При классическом строительстве, применяя такой материал, как газоблоки, при помощи подрядных организаций, такой дом при равном количестве квадратных метров стоил бы 1596000 рублей.

Учитывая стоимость самого принтера, а также работы специалистов, которые не были учтены в смете, можно сделать вывод, что данная технология является достаточно дорогой и не все строительные организации смогут себе позволить настолько дорогостоящее оборудование. Сегодня компании, решившие применить данную технологию являются новаторами.

6. Оценены перспективы использования технологии 3D-печати в строительстве

Технология 3D-печати зданий и сооружений безусловно является инновационной и достаточно перспективной, однако, при ее применении приходится сталкиваться с рядом проблем. Опираясь на изученные в первой главе недостатки можно предположить, как решить их в будущем.

Один из главных недостатков – сокращение числа рабочих мест. Решить эту проблему можно путем переквалификации существующего рабочего персонала.

Следующий недостаток – это транспортировка. Сегодня это достаточно весомый минус данной технологии. Но прогресс не стоит на месте и возможно в будущем 3D-принтеры станут более компактными и для их транспортировки не будет требоваться дополнительное оборудование.

Высокие риски является следующим недостатком. Для избежания каких-то серьезных проблем во время строительства, необходимо, чтобы персонал обладал такими чертами, как внимательность, ответственность, а также являлся высококвалифицированным.

То, что компании-производители традиционных строительных материалов могут пострадать из-за не востребованности их товаров, также является недостатком. Но эту проблему можно решить путем смены спецификации. Компаниям-производителям следует сделать акцент на производстве материалов для 3D-печати. В таком случае, производители не потеряют доход от продаж.

Для внедрения данной технологии, организациям следует провести следующие мероприятия:

- 1) Строительной организации следует разработать технико-экономическое обоснование внедрения нового оборудования.
- 2) Строительной организации следует выбрать способ приобретения оборудования.
- 3) Отделу материально-технического снабжения следует пересмотреть спецификации по закупке материалов.
- 4) Следует провести обучение или переквалификацию персонала для работы на новом оборудовании.

Таким образом, в выпускной квалификационной работе поставленные задачи полностью выполнены и цель достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Владимирова А. С. Современные проблемы энерго-эффективности и меры ее повышения [Текст] / Абакумов Р. Г. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. - 48-50 с.
2. Коваленко Т. Л. Проявление инноваций в инвестиционно-строительной деятельности [Текст] / Абакумов Р. Г. // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. - 2016. - № 1. – С. 126-130.
3. Абакумов Р. Г. Анализ существующих моделей для прогнозирования ценообразования на региональных рынках недвижимости [Текст] / Ходыкина И. В. // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. - 2016. - № 1. - С. 14-18.
4. Абакумов Р. Г. Методы оценки эффективности инновационных проектов [Текст] / Подоскина Е. Ю. // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. - 2016. - №1. - С. 9-13.
5. Аналитический обзор современных технологий строительства, строительных материалов, строительных конструкций, отвечающих современным требованиям инвесторов в строительстве [Электронный ресурс] / А. С. Губарев // Российская научная электронная библиотека. – 2016. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/>
6. Инновации в строительстве: обзор самых эффективных инструментов [Электронный ресурс] / Д. В. Купцов // Российский новостной агрегат. – 2019. – Режим доступа: <https://news.rambler.ru/other/42212796>
7. Официальный сайт строительной компании «Каркасные дома» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://karkasnye-doma.com/>
8. Преимущества опалубки ТИСЭ и правила ее использования при строительстве [Электронный ресурс] // Профессионально о строительстве и ремонте. – 2020. – Режим доступа: <https://ravchan.ru/opalubka/>

9. Строительство частных домов по новым технологиям [Электронный ресурс] // Экспертное сообщество по строительству и ремонту домов. – 2019. – Режим доступа: <https://kakpostroitdomic.ru/>
10. История появления 3D-принтера [Электронный ресурс] // Новости со всего мира. – 2015. – Режим доступа: <https://smitnews.ru/2015/>
11. Применение 3D-печати в строительстве [Электронный ресурс] // Все самое интересное про 3D-печать и 3D-принтеры. – 2020. – Режим доступа: <https://make-3d.ru/articles/>
12. 17 реальных зданий, напечатанных на 3D-принтере [Электронный ресурс] / Н. В. Жеребцов // Интернет-издание о бизнесе, стартапах, инновациях, маркетинге и технологиях. – 2016. – Режим доступа: <https://vc.ru/future/101777>
13. 10 зданий, напечатанных на 3D-принтере [Электронный ресурс] // Новости о 3D-технологиях. – 2020. – Режим доступа: <https://www.3dpulse.ru/news/stroitelstvo/>
14. Топ-10 зданий, напечатанных на 3D-принтере [Электронный ресурс] / М. О. Марицкая // Архитектурный портал. – 2020. – Режим доступа: <https://www.architime.ru/specarch/>
15. Принтер по бетону [Электронный ресурс] // Строительный журнал. – 2018. – Режим доступа: <https://aveodecor.ru/beton/>
16. Печать мостов в Амстердаме будут осуществлять роботы по технологии 3D-печати [Электронный ресурс] / М. А. Мирный // Информационно-аналитический портал. – 2017. – Режим доступа: <https://mplast.by/>
17. Плюсы и минусы кредита [Электронный ресурс] // Сервис онлайн кредитования. – 2018. - Режим доступа: <https://zaimme.ru/>
18. Плюсы и минусы лизинга при приобретении имущества юридическими и физическими лицами [Электронный ресурс] // Банки для малого и среднего бизнеса. – 2018. – Режим доступа: <https://bank-biznes.ru/lizing/>

19. В России напечатали первый жилой дом из бетона за 594 000 руб [Электронный ресурс] / А. Д. Ализар // Социальные СМИ об IT-технологиях. – 2017. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/402107/>

20. Применение печати в строительстве и перспективы ее развития [Электронный ресурс] / Д. А. Лунева [и др.] // Российская научная электронная библиотека. – 2016. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/>

Приложение А

Образец анкеты

Просим ответить на несколько вопросов о применении 3D-технологий в строительстве домов. Это инновационная разработка позволяет построить дом любой формы с помощью строительного 3D-принтера из смеси бетона с полимерными композитами.

1. Где вы живете?

- Квартира
- Дом

2. Хотели бы вы иметь загородный дом?

- Да
- Нет
- Затрудняюсь ответить

3. Знаете ли вы о технологии 3D-печати в строительстве?

- Да, знаю
- Что-то слышал
- Нет, не слышал

4. Считаете ли вы 3D-печать домов перспективной идеей в ближайшем будущем?

- Да
- Нет
- Затрудняюсь ответить

5. Если бы вам предложили 3D-печать дома, какую цену вы готовы заплатить?
(100 м²)

- 300 тыс. руб. – 500 тыс. руб.
- 500 тыс. руб. – 1 млн. руб.
- От 1 млн. руб.

6. Ваш пол

- Женский
- Мужской

7. Ваш возраст

- 18-24
- 25-35
- 35-45
- От 45

8. Статус

- Женат/Замужем
- Разведен(а)
- Холост/Не замужем