

## СОЗДАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В XX–XXI вв.

**Уморина Жанна Эдуардовна,**

ст. преподаватель кафедры основ архитектурного проектирования,  
младший научный сотрудник Научно-исследовательской части  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный архитектурно-художественный университет»

**Мохов Илья Эдуардович**

студент факультета архитектуры.  
Научный руководитель: ст. преподаватель Ж.Э. Уморина  
ФГБОУ ВО «Уральский архитектурно-художественный университет»  
Россия, Екатеринбург, e-mail: [mohovil@yandex.ru](mailto:mohovil@yandex.ru)

УДК: 72.01  
ББК: 85.110

### Аннотация

*Аддитивные технологии признаются во всем мире как лидирующие передовые технологии. Они широко применяются в различных областях науки и техники от дизайна малых форм до медицины. Создавая форму по цифровой модели, можно влиять на ее качественные характеристики, управлять свойствами материала, изменять его текучесть, жесткость, прочность и др. характеристики. При этом задавать параметры и свойства структур можно на начальном этапе программирования процесса обработки данных посредством расчета конструктивных нагрузок и эксплуатационных особенностей.*

### Ключевые слова:

*аддитивные технологии, архитектурное формообразование, инженерное оборудование, контурный крафтинг, синтетическая биология*

### Введение.

Аддитивные технологии – процесс соединения материалов для изготовления деталей по цифровой трехмерной модели, как правило, послойно или без изменения его геометрии.

Аддитивные технологии, широко применяемые в разных сферах деятельности человека, таких как медицина, строительство, дизайн, нашли применение и в архитектуре. Создавая необычные футуристические формы, архитектор проектирует модель, которую в дальнейшем при расчете нагрузки может построить или вылепить робот-3D-принтер из разных материалов. Роботы могут быть запрограммированы, повторять движения насекомых, действовать на удаленном от цифрового источника расстоянии или повторять одинаковые манипуляции с разной частотой, тем самым формируя объем, подобный ячеяковому или фрактальному; можно программировать синтетические материалы, их внутреннюю структуру и клеточное строение таким образом, как этого требует расчет нагрузок. Такие материалы, созданные из смесей полимеров, органических веществ и даже живых бактерий, называют синтетическими и используют в аддитивных технологиях. Эти технологии используют для улучшения прочностных характеристик конструкций, для строительства в космосе и воплощения в реальность необычных архитектурных решений.

Авторы данной работы ставят своей **целью** – сформировать методы применения аддитивных технологий в архитектуре как инновационного направления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи**:

1. Систематизировать существующий эмпирический материал по теме исследования.
2. Определить спектр применения аддитивных технологий в архитектуре в России.
3. Сформулировать методы применения аддитивных технологий в архитектуре.
4. Выявить методику применения аддитивных технологий.
5. Обосновать эффективность применения аддитивных технологий при создании комфортной городской среды.

**Исследуется** процесс формирования архитектурных объектов с применением аддитивных технологий, выполненных в XX–XXI вв.

**Методы исследования** включают обобщение, классификацию, систематизацию и анализ теории формирования новых архитектурных направлений. При решении поставленных задач используется метод обобщений, синтез полученных результатов, метод прогноза, историко-генетический анализ, графоаналитический метод и системный подход.

В настоящий момент тему аддитивных технологий можно считать неизученной, поскольку появление перспективных разработок и экспериментов в данной области только набирает обороты. Теоретической основой исследования проблемы создания архитектурных форм средствами аддитивных технологий послужили научные работы, в которых рассмотрены ее отдельные аспекты. Это литература, раскрывающая этапы формирования аддитивных технологий: С.Н. Литунев, В.С. Слободенюк, Д.В. Мельников, Е.И. Советников [1, 2]; работы, по экономической эффективности: О.Л. Фиговский, Е.И. Советников, Б.Ф. Забелин, Е.А. Конников [2, 4–6]; труды, посвященные перспективам применения аддитивных технологий: К.Н. Казмирчук, В.А. Зорин, Е.В. Полухин, В.В. Смирнов, В.В. Барзали, П.В. Ладнов, С.Н. Григорьев, И.Ю. Смуров, А.Э. Аббасов [7–10]; исследования, в которых описываются материалы, применимые в аддитивных технологиях: О.Л. Фиговский, Д.Ю. Шевченко [3, 4, 11]; источники, содержащие описание современных достижений в архитектуре и строительной индустрии И.Ю. Смуров, С.Г. Конов, Д.В. Котобан [12].

Анализ перечисленных источников показывает, что:

- к настоящему моменту накоплен достаточный эмпирический материал по разработке архитектурных проектов с применением аддитивных технологий, с набором особенностей, позволяющих выделить их в одну группу, детальное изучение которой позволит сформировать теоретическую базу для установления методики проектирования с помощью аддитивных технологий;
- в современной архитектуре явно просматривается влияние экспериментальных технологий строительства и проектирования (в том числе под воздействием научно-технического прогресса);
- существует множество работ, посвященных аддитивным технологиям в разных сферах применения, но недостаточно изучен вопрос его влияния на развитие в архитектуре новых стилей и направлений;
- нет оценочной шкалы (критериев, системы оценки), позволяющей классифицировать здания и сооружения, выполненные с применением аддитивных технологий при существовании значительного количества реализованных объектов;
- имеется противоречие в оценке эффективности объектов архитектуры, выполненных с применением аддитивных технологий, с экономической точки зрения; данный аспект требует тщательного изучения;
- аддитивные технологии считаются перспективным направлением в строительстве и архитектуре.

Итальянский робототехник Энрико Дини был первым, кто напечатал сооружение в архитектурном масштабе на огромном D-образном принтере, который использует песок и химический связующий агент для создания материала, похожего на камень. Машина Энрико Дини называется D-форма и является крупнейшим в мире 3D-принтером. Расположенный на складе недалеко от Пизы, он выглядит как установка освещения сцены и работает как лазерно-спекающая машина, но с песком вместо нейлонового порошка и химическими веществами вместо лазера.

С применением этой технологии архитекторы Андреа Морганте и Энрико Дини произвели печать павильона размером 10 м<sup>2</sup> в 2009 г., напоминающего гигантское яйцо с большими отверстиями на его поверхности. Эта первая напечатанная архитектурно-акустическая структура.

Также примером маломасштабного жилого объекта служит небольшой одноэтажный дом-структура, напоминающий горную хижину, который был напечатан для триеннале в Милане Энрико Дини с дизайнером Марко Феррери в 2010 г. [13].

Сельский дом в виде бесконечной ленты. Пример этого проекта показывает, как можно реализовать фантазии нидерландского архитектора напечатать дом в форме ленты Мебиуса. Концепцию своего проекта архитектор объясняет так: «Планета Земля не имеет начала и конца, и мы стремимся к такой же форме». Принтер, разработанный для проекта инженером Энрико Дини, может печатать квадраты размером 7×7 м.

Фирма Universe Architecture и инженерная компания ВАМ совместно испытывают его в одном из производственных помещений Амстердама. Работа принтера основана на послойном отвержении рабочего порошка, который насыпается в ванну, разравнивается и отвергается в нужных местах с помощью робота. Инструментом является прямоугольная матрица с соплами, через которые подается раствор [14].

Среди выдающихся разработчиков 3D-технологий в области строительства лидирующее место занимает американская корпорация Contour Crafting, являющаяся эксклюзивным разработчиком различных типов строительных конструкций, включая жилые, коммерческие и правительственные здания. Другой областью применения является инфраструктура, которая может включать фундаменты, плиты, мосты, пилоны и т.д. И, наконец, внеземное строительство, т.е. строительство на Луне и Марсе для разведки, эксплуатации, обитания и колонизации планет, является еще одной важной областью использования СС Согр технологии. Технология контурный крафтинг имеет потенциал для создания безопасных, надежных и доступных лунных и марсианских структур, мест обитания, лабораторий и других объектов для пребывания людей. В настоящее время разрабатываются строительные системы контурный крафтинг, которые используют природные ресурсы и могут использовать лунный реголит в качестве строительного материала [15]. В эти структуры могут включаться комплексная защита от излучения, водопроводная, электрическая и сенсорная сети.

На более концептуальном уровне ученые пытаются определить реальный потенциал 3D-печати и то, как это может спровоцировать совершенно новые строительные типологии, и, следовательно, произвести революцию в строительных технологиях. Это послужит созданию в будущем жилых структур, напечатанных роботами. Однако неизбежно, что технология 3D-печати будет продолжать развиваться, и по мере снижения стоимости и сложности применяться все чаще в строительстве и архитектуре.

Уже сейчас можно подвести некоторые итоги, выявляющие преимущества применения АМ-технологий в строительной индустрии:

1. Дом, спроектированный под индивидуального заказчика с учетом его требований, строится за 1 день (без отделки). При этом изготовление сборных модулей, строительных элементов происходит за пределами стройплощадки.

2. Достойное и приемлемое жилье для людей с низкими доходами.
3. Комфортабельные жилые убежища для длительного пользования пострадавшими от стихии; строятся очень быстро.
4. Строительство без отходов, шума, пыли и загрязнений воздуха.
5. Нет инцидентов и травм на строительных площадках, нет соответствующих судебных разбирательств.
6. Любое отклонение от стандартного проекта (например, использование криволинейной поверхности вместо прямой стены) не повлияет на стоимость построенного объекта по сравнению с аналогичной ситуацией в традиционном строительстве.

Результаты обзора аддитивных технологий для строительной индустрии и опыта их применения показывают хорошие перспективы для развития этого направления. Материалы практически те же, что и при монолитном строительстве. Экономия возникает только за счет автоматизации производства, возможности быстро и без особых трудозатрат сделать сложные формы фасадов, конструктив стен. Кроме того, 3D-печать – это некий дополнительный инструмент, с помощью которого удобно решать ряд строительных задач. Ее удел – не только единичные авторские постройки, но и массовое применение, например очень сложные многокамерные стены с большим количеством полостей под коммуникации.

Примерами успешного использования АМ-технологий в строительстве является компания Winsun (Китай), которая занимается оказанием услуг по строительству, используя порталные 3D-принтеры собственной разработки. Офисный комплекс в Дубае был построен с помощью этого порталного 3D-принтера за 17 дней и использовался для временного размещения Фонда будущего Дубая. Интерьер был изготовлен также с помощью аддитивных технологий. В настоящее время «Офис будущего» эксплуатируется фондом Future Foundation и используется для проведения выставок, конференций и других мероприятий. Объект изначально был напечатан фирмой Winsun в мастерской, после чего собран в течение двух дней уже на месте [16].

В Пентагоне американские военные инженеры готовятся возводить временные казармы с помощью строительных 3D-принтеров и с использованием местных строительных материалов. 3D-принтер способен наносить бетон с наполнителем из частиц размером до десяти миллиметров, при этом предусматривается армирование бетона как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Жилой блок площадью ~50 м<sup>2</sup> отпечатан на 3D-принтере. Мобильные аддитивные строения могут оказаться полезны и при возведении временного жилья для гражданского населения.

Сельский экодом компании WASP (Италия) в технопарке Шамбала. Рабочий материал – смесь соломы с клеем. Цель проекта – показать, как можно строить дома, имея ограниченный бюджет, с экономией электроэнергии и минимальными отходами стройматериалов [17].

Ажурный мост в Амстердаме построенный с помощью 3D-принтера. Дизайн моста через канал Oudezijds Achterburgwal был разработан в лаборатории Joris Laarman Lab. Символизм моста – соединение технологий будущего со старым городом. Принтер MX3D оборудован 6-осевым роботом АBB, который позволяет создавать пространственные структуры из металла за счет наплавки. Объем не ограничен традиционным «кубиком» рабочей зоны обычного 3D-принтера, поэтому печать реального моста явилась хорошим шансом продемонстрировать неограниченные возможности этой технологии [18].

Строительная 3D-печать в России имеет своих специалистов. Первый порталный малоформатный строительный 3D-принтер разработала и представила на рынок в 2015 г. компания из Ярославля ООО «Спецавиа» (резидент Сколково, торговая марка «АМТ»). Первоначальная

ориентация была на малый бизнес как на основного потребителя оборудования для создания малых форм элементов ландшафтного дизайна. После того, как гиганты строительного рынка проявили интерес к крупноформатным принтерам, компания разработала линейку из 7 основных типов порталных 3D-принтеров, выпускаемых как серийно, так и по специальным требованиям заказчиков. Это машины малого формата (объем строительных конструкций до 36 м<sup>3</sup>) для печати частей зданий, которые за счет разработанных технических решений могут быть интегрированы в типовые проекты домов индивидуального жилищного строительства; принтеры для строительства домов площадью до 140 м<sup>2</sup> и более до двух этажей:

а) стационарные для печати домов площадью до 140 м<sup>2</sup> в 2 этажа;

б) мобильные, позволяющие печатать дом или серию домов без ограничения площади застройки и высоты объекта.

Это профессиональное оборудование, рассчитанное на непрерывную эксплуатацию в условиях производства. Целиком дом на строительной площадке размером 12×12 м можно напечатать за одну установку принтера. На сегодня компания продала свыше 50 принтеров заказчикам из РФ, Казахстана, Молдовы, Дании [19].

Это оборудование предназначено для цехового производства, для печати одноэтажных зданий, для печати здания от 2 этажей и выше. Используемый материал: пескобетон М300–М500, геоплимерный бетон, гипс, специализированные смеси. Принтер легок в управлении и обслуживании. Программа обучения персонала работе на принтере рассчитана на 16 часов.

«Напечатанный» жилой дом в Ярославле – самое большое здание в Европе и СНГ, построенное с применением аддитивной технологии. Его общая площадь 298,5 кв.м. Проект осуществила группа компаний «АМТ-СПЕЦАВИА». Начало строительству положено в 2015 г.; коробка здания отпечатана по частям и смонтирована на фундаменте за один месяц в декабре 2015 г. Летом 2017 г. завершено устройство крыши и проведен основной объем внутренних отделочных работ. На сегодня дом подключен ко всем инженерным коммуникациям и готов к заселению [19].

Кроме строительства больших объектов, компания располагает разнообразным спектром 3D-разработок для малых архитектурных форм и изделий благоустройства окружающей среды.

Компания Aris Cog из Иркутска напечатала дом площадью 38 кв. м в Подмосковье, используя 3D-принтер собственной разработки [20]. Впервые в российской строительной практике дом был отпечатан целиком, а не собран из отпечатанных панелей.

Дизайн одноэтажного жилого дома необычный. Такой проект был выбран неслучайно, так как одна из главных целей строительства – продемонстрировать гибкие возможности оборудования и разнообразность доступных форм. Дом может быть любой формы, в том числе и привычной квадратной, ведь аддитивная технология не имеет ограничений по дизайну возводимого здания, кроме действующих законов физики, а значит, пора говорить о новом фантастическом потенциале архитектурных решений.

Дом возводили в самое холодное время года. Зима добавила сложности для участников проекта, поскольку применение бетонной смеси, используемой в качестве «чернил», возможно только при температуре от 5°С выше нуля, хотя само оборудование способно работать при температуре до минус 35°С. Задачу решили с помощью установки крытого тента, где поддерживался необходимый температурный режим [21].

В скором времени с применением новых строительных материалов, например, геобетона, можно будет печатать дома в любое время года. На сегодня наука продвинулась так далеко, что можно программировать синтетические материалы, их внутреннюю структуру и клеточное

строение таким образом, как этого требует расчет нагрузок, климатические особенности региона и энергоэффективные показатели. Такие материалы, созданные из смесей полимеров, органических веществ и даже живых бактерий, называются синтетическими и могут быть использованы в аддитивных технологиях.

Возможностью менять структуру внутреннего строения клеток материалов занимается синтетическая биология. Совместно с инженерами, разрабатывающими роботов для 3D-печати, биологи создают материалы, способные менять свою структуру под воздействием температур, влажностного режима и давления. Такие материалы могут быть однородными по структуре, но при этом менять качественные характеристики в местах, этого требующих. Например, они могут усиливать прочность на изгиб и сжатие и одновременно быть пластичными. Сегодня можно начинать проектирование с анализа свойств материала, а затем создать единую, многофункциональную форму, задавая свойства материала и рассчитывая механические и конструктивные нагрузки. В лаборатории Массачусетского университета были разработаны композитные материалы на основе клеточных структур, которые используют ветвящиеся системы роста, чтобы исследовать определенные принципы в естественных системах и реализовать их в генеративной среде проектирования [22]. Совмещая цифровую и физическую форму поиска, можно создавать объекты архитектуры и дизайна с новыми свойствами. Структуры на основе хитозана, применяемые в аддитивных технологиях, могут изменять физическую форму и быть прочными, но гибкими за счет изменения температур при подаче материала 3D-роботом. Также возможно добавление новых свойств материала при формировании массы за счет добавления новых примесей в процессе создания объекта.

Использование смесей с бактериями в аддитивных технологиях позволит создавать прочные структуры с новыми свойствами, высокоэкологичными и эффективными при эксплуатации. Так, материалы с применением бактерий могут светиться или расти в процессе эксплуатации. Светящиеся бактерии могут реагировать на движение человека и создавать эффект живой архитектуры. Существуют бактерии, вырабатывающие электричество и очищающие воду, их применение в строительстве позволит сделать архитектуру более эффективной. Подобные материалы находятся в стадии экспериментальной разработки, однако имеются проверенные аналоги, уже применяемые в архитектуре. Светящиеся кирпичные блоки, блоки с дождевой водой и бактериями для ее очищения, бассейны с бактериями, вырабатывающими электроэнергию, разработаны и применяются учеными из бельгийского университета Гента (Universiteit Ghent) [23].

Возможность применения гидропоники в аддитивных технологиях и строительстве позволит создавать формы зеленой архитектуры, висячие сады и фермы. Эти пространства, гармоничные для человека и природы, имеют экологические преимущества и могут рассматриваться с точки зрения биосфер для городских пространств и быть частью зеленого каркаса. Проекты бельгийского архитектора Винсента Калебо наполнены сетчатыми конструкциями, заполненными зеленой растительностью, эти структуры являются ячейковыми и в качестве наполнителя используют гидропонику для чистого способа выращивания растений [24].

## Выводы

Благодаря применению новых строительных материалов можно создавать живую архитектуру будущего, способную реагировать на потребности человека и при этом быть частью природной среды. Применяя эти технологии, сегодня можно прогнозировать улучшение экологической среды и гармонизацию техногенной урбосреды. При помощи цифрового проектирования материалов и аддитивных технологий можно создавать формы, которые раньше не позволяли конструктивные нагрузки. Поэтому можно сказать, что новые синтетические материалы и циф-

ровые аддитивные технологии внесут большой вклад в архитектурную практику. Строительство займет лидирующую позицию на потребительском рынке, где дом (или другая структура) может быть спроектирован и построен семьей, которая будет в нем жить. Снижение затрат и автоматическое строительство сделают строительство доступным для всех.

Трехмерная печать в строительстве станет привычной и будет широко использоваться, как только появится строительный стандарт на аддитивную строительную технологию.

### Библиография:

1. Литунов, С.Н., Слободенюк, В.С., Мельников, Д.В. Обзор и анализ аддитивных технологий. Часть 1 / С.Н. Литунов, В.С. Слободенюк, Д.В. Мельников // Омский научный вестник. – 2016. – № 1 (145). – С. 12–17.
2. Советников, Е.И. Оценки развития аддитивных технологий / Е.И. Советников // Технологии легких сплавов. – 2015. – № 3. – С. 17–31.
3. Фиговский, О.Л. Инновационный инжиниринг – путь к реализации оригинальных идей и прорывных технологий [Электронный ресурс] / О.Л. Фиговский // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 1. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2321](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2321)
4. Фиговский, О.Л. Нанотехнологии для новых материалов [Электронный ресурс] / О.Л. Фиговский // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 3. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1048](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1048)
5. Забелин, Б.Ф., Конников, Е.А. Экономические аспекты развития аддитивных технологий / Б.Ф. Забелин, Е.А. Конников // Вестник научных конференций. – 2015. – № 3 (3). – С. 64–67.
6. Казмирчук, К.Н. Отсутствие нормативной базы – одна из основных преград на пути развития аддитивных технологий / К.Н. Казмирчук // Главный механик. – 2015. – № 9. – С. 22–26.
7. Зорин, В.А., Полухин, Е.В. Аддитивные технологии. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве дорожно-строительных машин / В.А. Зорин, Е.В. Полухин // Строительная техника и технологии. – 2016. – № 3(119). – С. 54–57
8. Смирнов, В.В., Барзали, В.В., Ладнов, П.В. Перспективы развития аддитивного производства в российской промышленности / В.В. Смирнов, В.В. Барзали, П.В. Ладнов // Опыт ФГБОУ УГАТУ. Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – № 2 (14). – С. 23–27
9. Григорьев, С.Н., Смуров, И.Ю. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С.Н. Григорьев, И.Ю. Смуров // Инновации. – 2013. – Т. 10. – С. 2–8.
10. Аббасов, А.Э. Перспективы развития аддитивных технологий / А.Э. Аббасов // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2015. – № 5–1. – С. 21–26.
11. Шевченко Д.Ю. Аддитивные технологии в машиностроении / Д.Ю. Шевченко // Комплексные проблемы развития науки, образования и экономики региона: Научно-практический журнал Коломенского института (филиала) МГМУ (МАМИ). – 2015. – № 2 (7). – С. 89–97.
12. Смуров И.Ю., Конов С.Г., Котобан Д.В. О внедрении аддитивных технологий и производства в отечественную промышленность / И.Ю. Смуров, С.Г. Конов, Д.В. Котобан // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – № 2. – С. 11–22.
13. Рудный, Ю. Трехмерный принтер возведет на луне песочные базы [Электронный ресурс] / [www.membrana.ru](http://www.membrana.ru) / Ю.Рудный // – URL: <http://www.membrana.ru/particle/1999>

14. Ruijssenaar, J. UNIVERSE ARCHITECTURE LTD [Электронный ресурс] / 3D printing congress at University of Cambridge and NEXT Berlin / J. Ruijssenaar // – URL: <http://www.universearchitecture.com/projects/landscape-house>
15. Coldewey, D. NASA's 3D-printed Mars Habitat competition doles out prizes to concept habs [Электронный ресурс] / [apis-cor.com](http://apis-cor.com) / D. Coldewey // – URL: <https://techcrunch.com/2018/07/27/nasas-3d-printed-mars-habitat-competition-doles-out-prizes-to-concept-habs/>
16. Диксон, М. Управление будущего [Электронный ресурс] / [officeofthefuture.ae](http://officeofthefuture.ae) // М. Диксон / – URL: [www.officeofthefuture.ae](http://www.officeofthefuture.ae)
17. Кейс, М. Инженерные войска армии США перейдут на строительную 3d печать [Электронный ресурс] / [3dtoday.ru](http://3dtoday.ru) // М. Кейс / [http://](http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-army-corps-of-engineers-us-army-will-adopt-construction-3d-printin/) – URL: [3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-army-corps-of-engineers-us-army-will-adopt-construction-3d-printin/](http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-army-corps-of-engineers-us-army-will-adopt-construction-3d-printin/)
18. Маккей, Т. Мост который выглядит потусторонним [Электронный ресурс] / [gizmodo.com](http://gizmodo.com) / Т. Маккей // – URL: <https://gizmodo.com/these-new-photos-of-the-worlds-first-3d-printed-steel-b-1829899180>
19. Маслов, А.В. В Ярославле планируют создать Российский центр аддитивных технологий в строительстве [Электронный ресурс] / [specavia.pro](http://specavia.pro) / А.В. Маслов / – URL: <https://specavia.pro>
20. Камоничкина, Н.В., Кочешков, И.В. Исследование прочностных характеристик модельного материала, получаемого методом fdm-печати [Электронный ресурс] / Н.В. Камоничкина, И.В. Кочешков // Аддитивные технологии. – 2018. – № 3. – URL: <http://www.3dpulse.ru/news/zhurnal-additivnye-tehnologii/issledovanie-prochnostnyh-harakteristik-modelnogo-materiala-poluchaemogo-metodom-fdm-pechati/>
21. Максимов, Н.Н. Аддитивные технологии в строительстве, оборудование и материалы [Электронный ресурс] / [additiv-tech.ru](http://additiv-tech.ru) / Н.Н. Максимов // Аддитивные технологии. – 2018. – № 4. – URL: <https://additiv-tech.ru/publications/additivnye-tehnologii-v-stroitelstve-oborudovanie-i-materialy.html>
22. Принципы расчетного проектирования и аддитивного производства [Электронный ресурс] / [matter.media.mit.edu](http://matter.media.mit.edu) / курсы / опосредованная материя // медиа лаборатория МТИ – URL: <http://matter.media.mit.edu/courses/details/principles-of-computational-design-and-additive-manufacturing>
23. Микробы эффективно вырабатывают электричество из сточных вод [Электронный ресурс] / [softserver.com.ua](http://softserver.com.ua) – URL: <https://softserver.com.ua/2006/05/10/20060510205134797/>
24. Зеленый квартал [Электронный ресурс] / [realty.rbc.ru/news](http://realty.rbc.ru/news) // – URL: [https://realty.rbc.ru/news/577d23e59a7947a78ce91a0d?from=materials\\_on\\_subject](https://realty.rbc.ru/news/577d23e59a7947a78ce91a0d?from=materials_on_subject)

Статья поступила в редакцию 16.05.2019

Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция – На тех же условиях») 4.0 Всемирная.



## CREATION OF ARCHITECTURAL FORMS WITH THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE 20th-21st CENTURY

**Umorina, Zhanna E.**

Senior Instructor, Subdepartment of Architectural Design Fundamentals,  
Junior Researcher of the Research Unit  
Ural State University of Architecture and Art,  
Russia, Ekaterinburg, e-mail: [umorina87@yandex.ru](mailto:umorina87@yandex.ru)

**Mokhov, Ilya E.**

Undergraduate student, Department of Architecture.  
Research supervisor: senior instructor Zh.E. Umorina  
Ural State University of Architecture and Art,  
Russia, Ekaterinburg, e-mail: [mohovil@yandex.ru](mailto:mohovil@yandex.ru)

### Abstract

*Additive technologies are recognized worldwide as leading advanced technologies. They are widely used in various fields of science and technology from small form design to medicine. Creating a form by using a digital model, one can influence its qualitative characteristics, control the properties of the material, change its fluidity, stiffness, strength and other characteristics. At the same time, the parameters and properties of the structures can be set at the initial stage of programming the data processing process by calculating the structural loads and operating characteristics.*

### Keywords

*additive technologies, architectural shaping, engineering equipment, contour crafting, synthetic biology*

### References:

1. Litunov, S.N., Slobodenyuk, V.S., Melnikov, D.V. (2016) Overview and Analysis of Additive Technologies. Part 1. Omsk Scientific Bulletin, No. 1 (145), p. 12–17. (in Russian)
2. Sovetnikov, E.I. (2015) Estimating the Development of Additive Technologies. Technology of Light Alloys, No. 3, p. 17–31. (in Russian)
3. Figovsky, O.L. (2014) Innovative Engineering – a Way to the Realization of Original Ideas and Breakthrough Technologies [Online]. Don Engineering Bulletin, No. 1. Available at: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2321](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2321) (in Russian)
4. Figovsky, O.L. (2012) Nanotechnologies for New Materials [Online]. Don Engineering Bulletin, No. 3. Available at: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1048](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1048) (in Russian)
5. Zabelin, B.F., Konnikov, E.A. (2015) Economic Aspects of Additive Technology Development. Bulletin of Scientific Conferences, No. 3 (3), p. 64–67. (in Russian)
6. Kazmirchuk, K.N. (2015) Lack of the Regulatory Framework – One of the Main Barriers on the Way to Development of Additive Technologies. Chief Mechanical Engineer, No. 9, p. 22–26. (in Russian)
7. Zorin, V.A., Polukhin, E.V. (2016) Additive Technologies. Prospects for the Use of Additive Technologies in the Manufacture of Road-Building Machines. Construction Equipment and Technologies, No. 3(119), p. 54–57. (in Russian)
8. Smirnov, V.V., Barzali, V.V., Ladnov, P.V. (2015) Prospects for the Development of Additive Production in Russian Industry. The Experience to FGBOU UGATU. Materials Science News. Science and Technology, No. 2 (14), p. 23–27/(in Russian)

9. Grigoriev, S.N., Smurov, I.Yu. (2013) Prospects for the Development of Innovative Additive Production in Russia and Abroad. *Innovations*, Vol. 10, p. 2–8. (in Russian)
10. Abbasov, A.E. (2015) Prospects for the Development of Additive Technologies. *Information Technologies. Electronics. Telecommunications*, No. 5–1, p. 21–26. (in Russian)
11. Shevchenko, D.Yu. (2015) Additive Technologies in Mechanical Engineering. *Complex Problems of Development of Science, Education and Economy of the Region. Scientific and practical magazine of Kolomna Institute (branch) of MG MU (MAMI)*, No. 2 (7), p. 89–97. (in Russian)
12. Smurov, I.Yu., Konov, S.G., Kotoban, D.V. (2015) On the Introduction of Additive Technologies and Manufacturing in National Industry. *Materials Science News. Science and Technology*, No. 2, p. 11–22. (in Russian)
13. Rudniy, Yu. The Three-Dimensional Printer Will Build Sand Bases on the Moon. [Online]. [www.membrana.ru](http://www.membrana.ru). Available at: <http://www.membrana.ru/particle/1999> (in Russian)
14. Ruijsenaar, J. UNIVERSE ARCHITECTURE LTD [Online]. 3D printing congress at University of Cambridge and NEXT Berlin. Available at: <http://www.universearchitecture.com/projects/landscape-house>
15. Coldewey, D. NASA's 3D-printed Mars Habitat competition doles out prizes to concept habs [Online]. [apis-cor.com](http://apis-cor.com). Available at: <https://techcrunch.com/2018/07/27/nasas-3d-printed-mars-habitat-competition-doles-out-prizes-to-concept-habs/>
16. Dixon, M. Management of the Future [Online]. [officeofthefuture.ae](http://officeofthefuture.ae). Available at: [www.officeofthefuture.ae](http://www.officeofthefuture.ae)
17. Case, M. The Army Corps of Engineers will 3D-print buildings [Online]. [3dtoday.ru](http://3dtoday.ru). Available at: [3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-army-corps-of-engineers-us-army-will-adopt-construction-3d-printin/](http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/the-army-corps-of-engineers-us-army-will-adopt-construction-3d-printin/)
18. McKay, T. The bridge that looks otherworldly [Online]. [gizmodo.com](http://gizmodo.com). Available at: <https://gizmodo.com/these-new-photos-of-the-worlds-first-3d-printed-steel-b-1829899180>
19. Maslov, A.V. A Russian Center of Additive Technologies is to be constructed in Yaroslavl [Online]. [specavia.pro](http://specavia.pro). Available at: <https://specavia.pro> (in Russian)
20. Kamonichkina, N.V., Kocheshkov, I.V. (2018) Study of the strength characteristics of model material obtained by the fdm-printing method [Online]. [additiv-tech.ru](http://additiv-tech.ru). *Additive Technologies*, No. 3. Available at: <http://www.3dpulse.ru/news/zhurnal-additivnye-tehnologii/issledovanie-prochnostnyh-harakteristik-modelnogo-materiala-poluchaemogo-metodom-fdm-pechati/>. (in Russian)
21. Maksimov, N.N. (2018) Additive technologies in construction, equipment and materials [Online]. [additiv-tech.ru](http://additiv-tech.ru). *Additive Technologies*, No. 4. Available at: <https://additiv-tech.ru/publications/additivnye-tehnologii-v-stroitelstve-oborudovanie-i-materialy.html> (in Russian)
22. Principles of Computational Design and Additive Manufacturing [Online]. [matter.media.mit.edu](http://matter.media.mit.edu)/kursy/mediated matter//media MTI laboratory. Available at: <http://matter.media.mit.edu/courses/details/principles-of-computational-design-and-additive-manufacturing> (in Russian)
23. Microbes effectively generate electricity from waste waters [Online]. [softserver.com.ua](http://softserver.com.ua). Available at: <https://softserver.com.ua/2006/05/10/20060510205134797/> (in Russian)
24. Green City Block [Online]. [realty.rbc.ru/news](http://realty.rbc.ru/news). Available at: [https://realty.rbc.ru/news/577d23e59a7947a78ce91a0d?from=materials\\_on\\_subject](https://realty.rbc.ru/news/577d23e59a7947a78ce91a0d?from=materials_on_subject) (in Russian)