

УДК 62:7.05

Аддитивные технологии как фактор изменений в культуре проектирования

Луканина Александра Юрьевна

Аспирант,
Уральский государственный архитектурно-художественный
университет им. Н.С. Алферова,
620075, Российская Федерация, Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 23;
e-mail: prodesign@lukanina.ru

Аннотация

Статья представляет комплексное исследование трансформации проектной культуры под влиянием аддитивных технологий в сфере промышленного дизайна. Автор анализирует принципиальный сдвиг от традиционных методов формообразования к инновационным параметрическим и сценарным подходам, где 3D-печать выступает не просто инструментом производства, но и активным генератором новых морфологических решений. В работе детально рассматриваются: изменение морфологических характеристик объектов, созданных с учетом технологических возможностей аддитивного производства; трансформация композиционных принципов под влиянием алгоритмического проектирования; эволюция профессиональной роли дизайнера в условиях цифровизации производственных процессов. Особое внимание уделяется анализу сценарной логики как нового методологического основания проектной деятельности, а также исследованию эстетических качеств, формируемых алгоритмическими системами генерации формы. Статья раскрывает значительные междисциплинарные последствия внедрения аддитивных технологий, затрагивающие не только технические аспекты производства, но и фундаментальные основы дизайнерского мышления. На материале конкретных кейсов демонстрируется, как цифровые производственные технологии становятся катализатором формирования новой проектной парадигмы, объединяющей инженерные, художественные и технологические аспекты творческого процесса.

Для цитирования в научных исследованиях

Луканина А.Ю. Аддитивные технологии как фактор изменений в культуре проектирования // Культура и цивилизация. 2025. Том 15. № 3А. С. 269-277.

Ключевые слова

Аддитивные технологии, 3D-печать, цифровое производство, формообразование, параметрическое проектирование, проектная культура, дизайнерская практика, сценарное мышление, алгоритмическая эстетика, промышленный дизайн.

Введение

За последние два десятилетия проектная практика в области промышленного дизайна претерпела значительные изменения, связанные с переходом от аналоговых методов моделирования и изготовления к цифровым и, особенно, к аддитивным технологиям. Одним из наиболее показательных примеров выступает 3D-печать, получившая широкое распространение в профессиональной среде за счёт сочетания технологической доступности, гибкости и визуальной выразительности. Эта технология радикально изменила способы взаимодействия с формой, сдвинув акценты с постфактум-реализации проекта на проектирование, исходящее из самого процесса производства. Именно поэтому на сегодняшний день аддитивные технологии рассматриваются не только как производственный инструмент, но и как фактор, определяющий новые принципы формообразования, трансформирующий методологию и эстетику проектной культуры [Koch, 2022].

Цель настоящей статьи - исследовать, каким образом особенности 3D-печати влияют на логику проектирования и формообразование в контексте современной культуры дизайна. В качестве задач ставится: проанализировать проектные ограничения и возможности, возникающие при работе с аддитивными технологиями; рассмотреть процесс включения технологических параметров в художественно-конструкторский замысел; описать трансформацию профессиональной роли дизайнера; выявить междисциплинарные последствия, проявляющиеся на стыке технологии, визуальной культуры и проектного мышления.

Основное содержание

Характерной особенностью 3D-печати является принцип послойного наращивания формы, отличающийся от традиционных методов съёмного формообразования (резка, фрезеровка, литьё). Этот технологический принцип влечёт за собой качественно иные проектные условия: форма определяется не как целостная оболочка, к которой подбирается производственный способ, а как последовательность параметров, отталкивающихся от технологических свойств самой машины. В этом смысле толщина слоя, направление укладки, характеристики материала, необходимость поддерживающих структур и другие параметры оказываются не ограничениями, а факторами, прямо влияющими на пластику, морфологию и композицию объекта [Ruckstuhl, Rabello, Davenport, 2020], [Alcaide-Marzal, Diego-Mas, Acosta-Zazueta, 2019].

Принцип наращивания позволяет переосмыслить саму природу формы. В отличие от классического объёмного моделирования, в котором форма фиксируется до этапа изготовления, в аддитивном производстве она может оставаться открытой до самой реализации, адаптируясь под особенности процесса. Это приводит к возникновению новой проектной логики, где композиция строится не на геометрических структурах, а на траекториях движения печатающей головки, на постепенном развитии рельефа, на работе с слоистой тектоникой. Морфологически такие объекты зачастую характеризуются ритмичностью, текучестью, фрагментарностью, допускающей асимметрию и микрофлуктуации - признаки, напрямую возникающие из природы технологии.

Аддитивные технологии формируют не просто форму, а новую систему пластических принципов, визуальных акцентов и проектных стратегий. Каждый параметр производственного процесса получает художественную значимость: толщина слоя превращается в модуль ритма, материал задаёт уровень прозрачности или шероховатости, а направление укладки определяет

тектоническую ориентацию. В результате проектная работа перестаёт быть заранее завершённым процессом и всё больше приближается к понятию сценарного производства, где конечный результат зависит от взаимодействия параметров, алгоритмов и материала [Nervous System, [www](#)].

В условиях цифрового производства происходит смещение акцента с формы как объекта на форму как процесса. Проектная модель, основанная на завершённости и геометрической определённости, уступает место сценарию, в рамках которого форма возникает как динамическая система, откликающаяся на изменяемые параметры среды, материала и технологии. Это особенно ярко проявляется в контексте аддитивного производства, где сама логика послойного наращивания вводит в проектный процесс элементы последовательности, цикличности, ритма. Дизайнеру больше не достаточно задать окончательный силуэт или объём: он должен продумать структуру, развитие и даже поведение объекта в ходе реализации [Сергеева, 2018].

Интеграция технологии в замысел начинается с того, что параметры производственной среды, такие как ориентация объекта в камере печати, диаметр сопла, температура экструдера, необходимость поддерживающих элементов, скорость и шаг печати, становятся не внешними обстоятельствами, а внутренними составляющими проектной логики. Формирование объекта идёт с учётом направленности слоёв, их визуальной плотности, рельефа, возможности управлять плотностью материала в зависимости от назначения. Эти параметры напрямую влияют на морфологию: толщина слоя задаёт ритм и фактуру поверхности, ориентация - тектоническую логику, способ нанесения - структурную организацию [Армашова-Тельник, Соколова, Дегтерев, 2020].

Такое включение технологических характеристик в проектную логику трансформирует само понимание авторства. Проектирование становится процессом согласования возможностей технологии и намерений дизайнера, в котором последнему принадлежит не вся полнота контроля, а лишь структурная организация условий генерации. В этой логике дизайнер всё чаще выступает не как автор-рисующий, а как автор-настраивающий - тот, кто проектирует не форму, а условия её появления и эволюции. Такая модель мышления сродни программированию: один и тот же алгоритм, заданный в разных условиях, даёт разные результаты. Вместо единого авторского жеста появляется система возможных решений, поддающихся адаптации и множественной интерпретации [Oxman, 2017][Philipp Aduatz Creates 3D-Printed Concrete Furniture and Vases, [www](#)].

В этом контексте особенно показательно, что форма может быть спроектирована как сценарий поведения материала в среде машины, а не как конечный объект. Это сближает проектирование с биологическими и эволюционными моделями - вместо стабильной конструкции возникает «экосистема формы», готовая к изменениям, зависящая от контекста и ресурсов. Именно здесь формируются связи между дизайном, вычислительным мышлением, симуляцией и генеративными методами, которые активно осваиваются в современной проектной практике. Подобный подход делает актуальными новые инструменты: Grasshopper, Rhino, Autodesk Fusion, в которых моделирование происходит через управление зависимостями, а не координатами [Fusion 360, [www](#)][Grasshopper 3D, [www](#)][Kangaroo, [www](#)].

Проектирование становится не столько описанием формы, сколько построением открытой архитектуры, способной адаптироваться к внешним изменениям. Это особенно важно в сфере малосерийного, кастомизированного и контекстно-чувствительного производства, где единичный объект должен быть уникальным, но не дорогим. Аддитивные технологии

позволяют не просто снизить стоимость тиража, но и ввести в саму модель принцип персонализации - форму можно варьировать в зависимости от антропометрии пользователя, целевой функции, эстетических предпочтений или локальных ограничений производства.

Таким образом, сценарная логика проектирования в цифровой среде формирует не только новые инструменты, но и новую проектную культуру. Культура, в которой доминирует не поиск финального образа, а проектирование условий, порождающих множество решений; не единичный объект, а вариативная система; не воспроизводство стандарта, а настройка под контекст. Аддитивные технологии встраиваются в эту культуру как метод, язык и философия [Harding, Shepherd, 2017].

Цифровая трансформация проектной деятельности сопровождается не только внедрением новых инструментов, но и формированием принципиально иной модели профессиональной идентичности дизайнера. Если в индустриальной модели XX века дизайнер воспринимался как художник-инженер, соединяющий художественное видение с техническими ограничениями, то в цифровой среде он всё чаще оказывается в роли медиатора между алгоритмом, производственной логикой и культурным контекстом. Эта новая профессиональная позиция требует расширения компетенций: от дизайнера ожидается не только развитое визуально-композиционное мышление, но и знание основ алгоритмического проектирования, понимание логики взаимодействия с цифровыми интерфейсами и способность ориентироваться в сценариях технологической реализации [Formosa, 2025].

В условиях работы с аддитивными технологиями дизайнер выступает как проектировщик параметров, управляющий не формой напрямую, а логикой её построения. Это требует умения мыслить в категориях взаимозависимостей: толщина слоя влияет на прочность и эстетику, ориентация - на необходимость поддержек, тип материала - на устойчивость, степень деформации и выразительность текстуры. Проект становится не линейной последовательностью действий, а системной конфигурацией, поддающейся анализу, настройке и оптимизации. Такой подход требует тесного взаимодействия с цифровыми инструментами моделирования, симуляции и генерации формы. Дизайнер осваивает языки скриптов (Python, C#), визуального программирования (Grasshopper, Dynamo), генеративного моделирования (Houdini, Fusion), а также взаимодействует с CAM-средами, принтерами, параметрами слайсера [Formosa, 2025].

С другой стороны, дизайнеру важно сохранять способность к визуальной и художественной интерпретации. В условиях, когда технические параметры диктуют морфологию, именно дизайнер становится тем, кто способен увидеть в алгоритме выразительность, в ошибке - эстетику, в техническом следе - новую пластическую логику. Так возникает двойственная профессиональная роль: с одной стороны - аналитик, способный оптимизировать геометрию под FDM или SLA-печать; с другой - художник, открытый к экспрессивному потенциалу цифрового следа, к эстетике слоя, ритма, шероховатости, асимметрии.

Эта новая позиция требует также переосмысления взаимодействия с производственной средой. Дизайнер больше не отделён от машины. Он непосредственно влияет на её поведение - настраивает, экспериментирует, учитывает её ограничения. Технология больше не воспринимается как «чёрный ящик» - наоборот, её структура становится прозрачной, управляемой, а результат - результатом не пассивного ввода, а совместного участия. В этой модели машина становится соавтором, а проектный процесс - формой сотрудничества между алгоритмом, дизайнером и производственной системой.

Современный дизайнер - это фигура на стыке дисциплин. Он мыслит эстетически, действует

технологически и управляет процессами как системный куратор. В аддитивном производстве он формирует не только объект, но и модель взаимодействия с технологией, открывая пространство для новых эстетик, практик и проектных стратегий [Koch, 2022].

Распространение аддитивных технологий в проектной деятельности невозможно рассматривать исключительно в рамках технической или производственной логики. Их внедрение сопровождается глубокими культурными и социотехническими изменениями, которые затрагивают не только форму объектов, но и способ мышления, социальную организацию производства и художественную рефлексию. Дизайн, функционировавший ранее в границах дисциплины, сегодня всё чаще рассматривается как культурная практика, в которой проектирование становится способом высказывания, критического анализа и экспериментального взаимодействия с технологиями [Bhooshan, 2017].

Одним из таких следствий является демократизация производства, сопровождающаяся распространением концепций *open design*, *maker movement*, *DIY*-инициатив. Аддитивные технологии, прежде доступные только крупным лабораториям и промышленным центрам, стали применимы в домашних условиях и образовательных средах. Это не только расширяет круг участников проектного процесса, но и меняет саму логику проектирования: она становится более горизонтальной, экспериментальной, эмпирической. В этой системе пользователь может быть не только потребителем, но и соавтором продукта, участником его модификации или источником параметров, на основе которых строится финальная форма [Сергеева, 2018].

Такой сдвиг отражает более широкую тенденцию к растворению границ между профессиональным и любительским, между проектной элитой и массовым крафтом. Проектирование в условиях цифровых технологий становится полем для индивидуального выражения, даже если оно основано на повторении шаблонов. Формы, порождённые 3D-печатью, часто несут на себе следы «машинного происхождения»: видимый слой, незашлифованные поддержки, огрублённые края. Эти особенности всё чаще рассматриваются не как дефекты, а как свидетельства происхождения, своеобразный «почерк машины», воспринимаемый как часть визуальной культуры.

В художественной и дизайнерской практике наблюдается рост интереса к эстетике технологического следа, к необработанной поверхности, к слою как визуальному и смысловому элементу. Возникает новая категория выразительности - «производственная эстетика», в которой даже ошибка, артефакт или нестабильность становятся источником визуального языка. Эта тенденция сближает проектирование с современным искусством, с концептуальным дизайном, где форма используется как медиум для обсуждения культурных, социальных и технологических тем. В этом контексте можно говорить о встраивании 3D-печати в поле художественных жестов, где форма - это не только функция, но и критический инструмент.

Междисциплинарность проявляется и в том, что дизайнер всё чаще взаимодействует не только с инженерами и технологами, но и с художниками, программистами, теоретиками медиа, исследователями материалов. Такой синтез знаний позволяет формировать сложные проектные высказывания, где объект выступает одновременно и как результат, и как процесс, и как дискурс. Таким образом, аддитивные технологии становятся триггером культурной трансформации проектного мышления, расширяя его за пределы утилитарности и формальной эстетики [Formosa, 2025].

Именно в этой плоскости становится очевидной значимость дизайна как формы культурного производства: проект больше не только решение задачи, но и способ осмысления места технологии в жизни человека, границ между естественным и искусственным, между ручным и

автоматизированным, между уникальным и тиражируемым. Аддитивные технологии, встроенные в эту систему, уже не просто метод, а средство художественного и социотехнического высказывания, потенциально доступное каждому и изменяющее саму ткань визуальной культуры.

Анализ влияния аддитивных технологий на проектную культуру позволяет зафиксировать формирование новой парадигмы проектирования, в которой технология выступает не как внешний инструмент, а как структурообразующий элемент дизайнерского мышления. В отличие от традиционного формообразования, основанного на геометрии, композиции и материализации идеи, формообразование в условиях аддитивных технологий опирается на параметрическую логику, сценарность, адаптивность и морфологическую тектонику. Проектирование утрачивает линейность, превращаясь в систему взаимосвязанных процессов, в которой форма возникает как результат согласования множества условий - от материала и алгоритма до поведения машины и культурного контекста [Oxman, 2006].

Переосмысление проектной логики приводит к изменению профессиональной роли дизайнера, который становится организатором условий, медиатором между кодом и материей, а не только автором формы. Новые компетенции включают работу с цифровыми интерфейсами, алгоритмами генерации, настройкой параметров, визуальным программированием и культурной интерпретацией технологического следа. Дизайнер действует в гибридной среде, где сочетаются инженерная точность и художественная рефлексия, технологическое знание и визуальная поэтика [Formosa, 2025].

В этой новой проектной культуре сама технология 3D-печати выходит за рамки утилитарного применения. Она становится не только способом производства, но и способом высказывания. Эстетизация следа печати, работа с шероховатостью, рельефом, «ошибками» и вариативностью отражают смещение акцентов от завершенного образа к процессу, от идеальной поверхности к «правде материала» и следу цифровой среды. Это превращает проектирование в форму культурной практики, позволяющей переосмыслять границы между дизайном и искусством, между технологией и визуальностью, между объектом и процессом.

Заключение

Таким образом, аддитивные технологии играют роль не просто производственной инновации, а фактора культурной и методологической трансформации проектного мышления. Их влияние распространяется от уровня технической реализации до фундаментальных оснований дизайнерской деятельности, формируя новую эстетическую и концептуальную рамку. Это открывает значительные перспективы для развития не только индустрии, но и образования, культурной аналитики и кроссдисциплинарных исследований, направленных на изучение дизайна как инструмента осмысления современной техносферы.

Библиография

1. Alcaide-Marzal J., Diego-Mas J.A., Acosta-Zazueta G. A 3D shape generative method for aesthetic product design // Design Studies. – 2019. – Vol. 65. – P. 1–28. – DOI: 10.1016/j.destud.2019.11.003.
2. Alexander C. Notes on the Synthesis of Form. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964.
3. Bhooshan S. Parametric design thinking: A case-study of practice-embedded architectural research // Design Studies. – 2017. – Vol. 52. – P. 115–143. – DOI: 10.1016/j.destud.2017.05.003.
4. Formosa D. Design education is too important to be left to designers // Design Studies. – 2025. – Vol. 98. – Article 101301. – DOI: 10.1016/j.destud.2025.101301.

5. Fusion 360 [Электронный ресурс] // Ru.wikipedia. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Fusion_360 (дата обращения: 04.02.2024).
6. Grasshopper 3D [Электронный ресурс] // En.wikipedia. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Grasshopper_3D (дата обращения: 01.01.2024).
7. Kangaroo [Электронный ресурс] // Rhino3d. – URL: <https://rhino3d.online/ru/product/kangaroo> (дата обращения: 13.02.2024).
8. Koch C. The role of industrial design in technological innovation: The future of industrial design and its role in Industry 4.0: PhD Thesis. – Swinburne University of Technology, 2022. – 302 p. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/362321819> (дата обращения: 13.04.2023).
9. Oxman R. Theory and design in the first digital age // Design Studies. – 2006. – Vol. 27(3). – P. 229–265. – DOI: 10.1016/j.destud.2005.11.002.
10. Oxman R. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking // Design Studies. – 2017. – Vol. 52. – P. 4–39. – DOI: 10.1016/j.destud.2017.06.001.
11. Ruckstuhl K., Rabello R.C.C., Davenport S. Design and responsible research innovation in the additive manufacturing industry // Design Studies. – 2020. – Vol. 71. – Article 100966. – DOI: 10.1016/j.destud.2020.100966.
12. Армашова-Тельник Г.С., Соколова П.Н., Дегтерев Д.В. Аддитивные технологии: новационный эффект в промышленности // Вестник ВГУИТ. – 2020. – Т. 82, № 4. – С. 347–353. – DOI: 10.20914/2310-1202-2020-4-347-353.
13. Базилевский А.А. Технология и формообразование в проектной культуре дизайна (влияние технологии на морфологию промышленных изделий): автореф. дис. ... канд. искусствоведения: 17.00.06. – М., 2006. – 24 с.
14. Сергеева О.Ю. Аддитивные технологии и 3D-моделирование // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 142–158. – DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-4-142-158.
15. Harding J., Shepherd P. Meta-parametric design // Design Studies. – 2017. – Vol. 52. – P. 73–95. – DOI: 10.1016/j.destud.2016.09.005.
16. Nervous System [Электронный ресурс] // N-e-r-v-o-u-s. – URL: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/> (дата обращения: 25.05.2024).
17. Philipp Aduatz Creates 3D-Printed Concrete Furniture and Vases [Электронный ресурс] // Design-milk. – URL: <https://design-milk.com/philipp-aduatz-creates-3d-printed-concrete-furniture-and-vases/> (дата обращения: 23.06.2024).
18. Koch C. The role of industrial design in technological innovation: The future of industrial design and its role in Industry 4.0: PhD Thesis. – Swinburne University of Technology, 2022. – 302 p. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/362321819> (дата обращения: 13.04.2023).

Additive Technologies as a Factor of Change in Design Culture

Aleksandra Yu. Lukanina

PhD Student,

Ural State University of Architecture and Art named after N.S. Alferov,
620075, 23, Karla Libknekhta str., Yekaterinburg, Russian Federation;

e-mail: prodesign@lukanina.ru

Abstract

This article presents a comprehensive study of the transformation of design culture under the influence of additive technologies in industrial design. The author analyzes the fundamental shift from traditional form-generation methods to innovative parametric and scenario-based approaches, where 3D printing serves not merely as a production tool but as an active generator of new morphological solutions. The study examines in detail: (1) changes in the morphological characteristics of objects created with consideration for additive manufacturing capabilities; (2) the transformation of compositional principles under algorithmic design influence; (3) the evolution of the designer's professional role in digitalized production environments. Special attention is given to

scenario logic as a new methodological foundation for design practice and to the aesthetic qualities emerging from algorithmic form-generation systems. The research reveals significant interdisciplinary consequences of additive technology implementation, affecting not only technical production aspects but also the fundamental principles of design thinking. Through case studies, the article demonstrates how digital manufacturing technologies act as catalysts for a new design paradigm that integrates engineering, artistic, and technological dimensions of the creative process.

For citation

Lukanina A.Yu. (2025) Additivnyye tekhnologii kak faktor izmeneniy v kulture proektirovaniya [Additive Technologies as a Factor of Change in Design Culture]. *Kul'tura i tsivilizatsiya* [Culture and Civilization], 15 (3A), pp. 269-277.

Keywords

Additive technologies, 3D printing, digital manufacturing, form generation, parametric design, design culture, design practice, scenario thinking, algorithmic aesthetics, industrial design.

References

1. Alcaide-Marzal J., Diego-Mas J.A., Acosta-Zazueta G. (2019) A 3D shape generative method for aesthetic product design. *Design Studies*, 65, pp. 1–28. DOI: 10.1016/j.destud.2019.11.003.
2. Alexander C. (1964) *Notes on the Synthesis of Form*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
3. Bhooshan S. (2017) Parametric design thinking: A case-study of practice-embedded architectural research. *Design Studies*, 52, pp. 115–143. DOI: 10.1016/j.destud.2017.05.003.
4. Formosa D. (2025) Design education is too important to be left to designers. *Design Studies*, 98, Article 101301. DOI: 10.1016/j.destud.2025.101301.
5. Fusion 360 ["Fusion 360"] [Elektronnyi resurs] ["Electronic resource"] // Ru.wikipedia. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Fusion_360 (data obrashcheniya: 04.02.2024).
6. Grasshopper 3D ["Grasshopper 3D"] [Elektronnyi resurs] ["Electronic resource"] // En.wikipedia. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Grasshopper_3D (data obrashcheniya: 01.01.2024).
7. Kangaroo ["Kangaroo"] [Elektronnyi resurs] ["Electronic resource"] // Rhino3d. – URL: <https://rhino3d.online/ru/product/kangaroo> (data obrashcheniya: 13.02.2024).
8. Koch C. (2022) The role of industrial design in technological innovation: The future of industrial design and its role in Industry 4.0: PhD Thesis. Swinburne University of Technology. URL: <https://www.researchgate.net/publication/362321819> (data obrashcheniya: 13.04.2023).
9. Oxman R. (2006) Theory and design in the first digital age. *Design Studies*, 27(3), pp. 229–265. DOI: 10.1016/j.destud.2005.11.002.
10. Oxman R. (2017) Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. *Design Studies*, 52, pp. 4–39. DOI: 10.1016/j.destud.2017.06.001.
11. Ruckstuhl K., Rabello R.C.C., Davenport S. (2020) Design and responsible research innovation in the additive manufacturing industry. *Design Studies*, 71, Article 100966. DOI: 10.1016/j.destud.2020.100966.
12. Armeshova-Tel'nik G.S., Sokolova P.N., Degterev D.V. (2020) Additivnye tekhnologii: novatsionnyi effekt v promyshlennosti [Additive technologies: Innovation effect in the industry]. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of VGUIT], 82(4), pp. 347–353. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-4-347-353.
13. Bazilevskii A.A. (2006) *Tekhnologiya i formoobrazovanie v proektnoi kul'ture dizaina (vliyanie tekhnologii na morfologiyu promyshlennykh izdelii): avtoref. dis. ... kand. iskusstvovedeniya: 17.00.06* [Technology and shaping in design culture (the influence of technology on the morphology of industrial products): Abstract of PhD thesis: 17.00.06]. Moskva.
14. Sergeeva O.Yu. (2018) Additivnye tekhnologii i 3D-modelirovanie [Additive technologies and 3D modeling]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve* [Nanotechnologies in Construction], 10(4), pp. 142–158. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-4-142-158.
15. Harding J., Shepherd P. (2017) Meta-parametric design. *Design Studies*, 52, pp. 73–95. DOI: 10.1016/j.destud.2016.09.005.
16. Nervous System ["Nervous System"] [Elektronnyi resurs] ["Electronic resource"] // N-e-r-v-o-u-s. – URL: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/> (data obrashcheniya: 25.05.2024).

-
17. Philipp Aduatz Creates 3D-Printed Concrete Furniture and Vases ["Philipp Aduatz Creates 3D-Printed Concrete Furniture and Vases"] [Elektronnyi resurs] ["Electronic resource"] // Design-milk. – URL: <https://design-milk.com/philipp-aduatz-creates-3d-printed-concrete-furniture-and-vases/> (data obrashcheniya: 23.06.2024).
 18. Koch C. (2022) The role of industrial design in technological innovation: The future of industrial design and its role in Industry 4.0: PhD Thesis. Swinburne University of Technology. URL: <https://www.researchgate.net/publication/362321819> (data obrashcheniya: 13.04.2023).