

УДК 62:7.05**Формообразование как культурная модель: цифровой поворот в дизайне****Луканина Александра Юрьевна**

Аспирант,
Уральский государственный архитектурно-художественный университет
им. Н.С. Алферова,
620000, Российская Федерация, Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 23;
e-mail: prodesign@lukanina.ru

Аннотация

В статье рассматривается трансформация представлений о форме в контексте цифрового проектирования. Показано, что в условиях параметрических и генеративных технологий формообразование утрачивает статус завершенного результата и становится сценарным, процессуальным и зависимым от алгоритма, материала и визуального языка. Цифровая форма интерпретируется как культурная модель, отражающая изменения в проектной культуре, эстетике и роли дизайнера. Освещаются теоретико-гуманитарные основания анализа формы, такие как эстетика слоя, алгоритмическая тектоника. Подчеркивается значимость междисциплинарного подхода к исследованию цифровой морфологии.

Для цитирования в научных исследованиях

Луканина А.Ю. Формообразование как культурная модель: цифровой поворот в дизайне // Культура и цивилизация. 2025. Том 15. № 4А. С. 142-150.

Ключевые слова

Цифровая форма, формообразование, проектная культура, параметрическое моделирование, алгоритмическое проектирование, эстетика слоя, философия техники, дизайн, культурная модель.

Введение

В последние годы практика проектирования в сфере промышленного дизайна подверглась радикальной трансформации, обусловленной переходом от традиционных аналоговых методов моделирования и производства к цифровым стратегиям, включая параметрическое и генеративное проектирование. Эта трансформация затронула не только технический инструментарий, но и фундаментальные основания проектного мышления, где форма все в большей степени выступает в роли посредника между идеей, материалом и технологическим процессом. В контексте цифрового производства, управляемого алгоритмами и кодом, формообразование утрачивает прежнюю зависимость от конструктивных решений и все чаще осмысливается как результат программируемого сценария. Такая эволюция требует переосмысления методологических основ и внедрения междисциплинарных подходов, выходящих за рамки инженерной функциональности и утилитарной логики.

Одним из центральных объектов современного дизайна становится «цифровая форма», понятие, вбирающее в себя не только визуально-пластические характеристики объекта, но и его алгоритмическое происхождение, параметрическую зависимость и морфологическую тектонику. В отличие от традиционного проектирования, ориентированного на финальный образ, цифровое формообразование строится как система, в которой форма является переменной, возникающей в результате взаимодействия множества факторов: от пользовательских параметров и свойств материала до ограничений производственного оборудования и эстетических задач. Такой подход сближает дизайн с программированием, симуляцией, визуальной аналитикой, а проектировщика – с исследователем сценариев и куратором параметрических зависимостей [Bhooshan, 2017; Oxman, 2006].

Цель данной статьи – раскрыть цифровую форму как культурную модель, отражающую трансформации проектного мышления в условиях цифровой эпохи. В качестве задач ставится: проанализировать эволюцию представлений о форме, от инженерной парадигмы к гуманитарной; рассмотреть роль алгоритма и параметра как новых оснований формообразования; описать морфологические и визуально-семантические последствия цифровых производственных логик; выявить значение междисциплинарных исследований в осмыслении проектной культуры.

Цифровая форма будет рассмотрена не только как результат технической трансформации проектирования, но и как культурный феномен, вбирающий в себя философские, эстетические, знаковые и методологические аспекты. В этом смысле особое внимание будет уделено пластическим характеристикам цифровой формы, эстетике слоя, понятию параметра как инструмента визуального языка, а также изменению роли дизайнера, действующего в гибридной среде алгоритмов, материалов и кодов. Исследование опирается на междисциплинарный анализ и включает как теоретико-философскую базу, так и примеры из проектной и художественной практики.

Основная часть

Вопрос о природе формы традиционно занимает центральное место в теории и практике дизайна. Однако представления о том, что такое форма и как она возникает, существенно варьировались в зависимости от эпохи, технологического контекста и господствующей философии проектирования. В индустриальную эпоху XX века доминировала инженерная

парадигма, в рамках которой форма мыслилась как результат рационального синтеза функции, конструкции и материала. Проектирование опиралось на жесткую логическую последовательность: от технического задания к чертежу, от чертежа к прототипу, от прототипа к производству. Такая модель предполагала, что форма определяется заранее, является фиксированной и завершённой, а её эстетика вторична по отношению к функциональной целесообразности.

Ключевыми ориентирами в рамках этой парадигмы выступали идеи модернизма: «форма следует за функцией», универсальность, стандартизация, серийность. Эстетика индустриального объекта стремилась к чистоте, геометризму, отказу от декора как избыточного. Инженерное формообразование исключало множественность интерпретаций, подчиняя проект строгой логике технической эффективности. Это проявлялось как в архитектуре, так и в предметном дизайне, где форма часто трактовалась как оболочка функции, а её выразительность как побочный продукт рациональной структуры [Simon, 1969].

Однако уже во второй половине XX века в дизайн начинают проникать гуманитарные концепции. Постмодернизм, феноменология восприятия, теория визуальной коммуникации, семиотика и культурология формируют альтернативную оптику анализа формы. Дизайн все чаще осмысливается как язык, а форма – как текст, структура, семиотическая система. Элементы формы приобретают статус знаков, репрезентирующих культурные смыслы, ценности, идентичности. Появляется внимание к локальности, к контексту, к символическому измерению проектируемого объекта.

Это привело к смещению фокуса: от формы как технической структуры – к форме как полю интерпретаций, от объекта как результата производства – к объекту как медиуму высказывания. С этого момента формообразование стало восприниматься как культурная практика, как способ создания не только вещей, но и смыслов. Гуманитарный поворот в дизайне открыл возможность интерпретировать проектирование как форму взаимодействия между человеком, техникой и культурным контекстом [Бодрийяр, 2006; Эко, 1998].

Современный этап, охарактеризованный как цифровой поворот, наследует этот гуманитарный вектор, но дополняет его новыми основаниями. Цифровые технологии не только усиливают множественность форм и сценариев их генерации, но и трансформируют представление о процессе формообразования. Алгоритмы, параметры, симуляции, интерфейсы становятся новыми условиями проектирования. Цифровая форма перестает быть стабильной: она вариативна, адаптивна, условна. Это открывает возможности для переосмысления всей системы проектного мышления и эстетических критериев [Tondi A., Amraee, 2019].

В исторической перспективе можно выделить несколько сменяющих друг друга моделей формообразования: конструктивистскую (инженерную), семиотическую (гуманитарную) и алгоритмическую (цифровую). Каждая из них предлагает собственное понимание формы, основанное на доминирующих технологических, методологических и культурных парадигмах. Современный дизайн функционирует на пересечении этих моделей, но все чаще отходит от идеи формы как заданной структуры и движется в сторону формы как сценария, как динамической системы, как культурного кода, рождаемого в процессе взаимодействия между дизайнером, машиной и средой [Alexander, 1964].

Цифровая трансформация проектной практики обусловила не только изменение инструментов, но и переосмысление самой сущности формы. В условиях алгоритмически управляемого проектирования форма перестает быть стабильной и завершённой; она становится результатом сценария, процессом, находящимся в постоянной зависимости от параметров,

условий среды и взаимодействия с цифровыми средствами. Такой подход открывает возможность рассматривать формообразование не как статичную задачу, а как культурную практику, сопряженную с программируемыми процессами и визуальными структурами [Nervous System, www; Oxman, 2017].

Цифровые формы отличаются текучестью, ритмичностью, гибридностью и высокой степенью адаптивности. Они не воспроизводят традиционные каноны симметрии, баланса и порядка, а формируются в ответ на алгоритмическую логику, часто демонстрируя атипичную пластику, множественность решений и нестандартную морфологию. Ключевым принципом становится не изображение формы, а построение условий её появления. В этом смысле алгоритм выступает в роли сценария, задающего не результат, а процесс и траекторию генерации объекта [Alcaide-Marzal, Diego-Mas, Acosta-Zazueta, 2019].

Такие практики проектирования тесно связаны с генеративным и параметрическим дизайном, в рамках которых дизайнер взаимодействует с кодом как с инструментом моделирования, а не только как с технической средой. Код встраивается в творческое мышление, превращаясь в средство построения визуальной логики. Примером может служить использование мета-параметрических моделей, где создается не одна форма, а множество возможных состояний, вытекающих из единой системы правил [Harding, 2017]. Алгоритмы работают как когнитивные конструкции, определяющие поведение формы и одновременно формирующие культурный жест [Nervous System, www; Oxman, 2017].

Цифровое формообразование часто обращается к биомиметическим и эволюционным стратегиям, где форма возникает как результат взаимодействия между структурой, функцией и средой. В этих подходах проектирование сближается с биологическими и экологическими моделями, в которых важна не столько форма как таковая, сколько процессы ее порождения, устойчивости и адаптации. Генеративные системы, обучающиеся на данных, или алгоритмы, моделирующие морфогенез, подчеркивают не статичность, а изменяемость формы, ее готовность к трансформации и отклику на внешние факторы [Нурмырадова, Дженнелова, Аллакулыева, 2024; Designboom – 'digital grotesque II'..., www].

Таким образом, цифровая форма выступает как культурный сценарий – форма, которая программируется, симулируется, варьируется и интерпретируется. Она несет в себе следы своей цифровой природы: слоистость, структурность, числовую подчинённость. Это не просто новый тип пластики, но и новая типология объектов, не окончательных, а потенциальных, не завершенных, а открытых к взаимодействию и адаптации. Такие формы формируют новую визуальность, в которой эстетика алгоритма становится выразительным языком проектной культуры [Oxman, 2006].

Цифровая форма возникает на пересечении трех ключевых составляющих: алгоритма, материала и визуального образа. В условиях цифрового производства традиционная иерархия проектирования «замысел → форма → материал» уступает место нелинейной системе, в которой все элементы взаимозависимы. Алгоритм не просто задает форму, а учитывает свойства материала и требования визуальной репрезентации. Материал, в свою очередь, реагирует на алгоритмические параметры, становясь активным участником процесса. Визуальный образ формируется не как результат художественного жеста, а как след взаимодействия цифровых, физических и семиотических переменных.

Одной из ключевых черт цифрового формообразования является то, что алгоритм начинает функционировать как «новый материал» – элемент, обладающий собственной структурой, плотностью и тектоникой. Параметры кода определяют ритм, геометрию, направление роста формы. Именно в этом контексте возникает понятие «эстетики параметра»: визуальная

структура объекта зависит от численных значений, логики связи узлов и зависимостей. Вместо формы как геометрического тела возникает форма как сеть, как модель зависимости между параметрами. Это меняет визуальный язык проектирования – он становится процессуальным, наглядным, связанным с визуализацией алгоритма и результатами симуляции [Jung, Wiltse, Wiberg, 2017].

Материал также претерпевает переосмысление. В цифровом производстве, особенно при использовании аддитивных технологий, материал перестает быть пассивным носителем формы. Он становится активным элементом, обладающим вариативностью, откликом и эстетическим потенциалом. Например, толщина слоя в 3D-печати влияет не только на прочность, но и на визуальный ритм поверхности. Структурные особенности материала (текучесть, вязкость, температура деформации) влияют на траекторию и форму, задаваемую алгоритмом. Таким образом, материал и алгоритм работают совместно, образуя морфогенетическую систему [Aduatz, www; Зленко, Попович, Мутылина, 2013].

Связь между алгоритмом и материалом особенно очевидна в проектах, где используются генеративные подходы с учетом поведения материала, например в печати с изменяемой плотностью, с адаптацией под нагрузки, с управлением деформацией при охлаждении или усадке. Дизайнер в таких условиях работает не с формой напрямую, а с условиями ее появления, закладывая возможные сценарии взаимодействия между числом, материей и визуальной структурой. Именно в этом пространстве рождаются эстетики слоя, флуктуации, локальной шероховатости и неоднородности как следа производственного процесса, а не дефекта [Песоцкая, 2022].

Визуальный образ, возникающий в результате такого формообразования, несет на себе след не только дизайнерского замысла, но и действия алгоритма и технологии. Цифровая форма тем самым становится «тройным гибридом»: она содержит в себе след кода, след материала и след визуального языка культуры. Она может быть интерпретирована как выразительный отпечаток цифрового процесса, где каждая визуальная деталь есть результат взаимодействия логики, материи и эстетической интуиции. Это требует от дизайнера нового типа чувствительности: он должен видеть в параметре – пластику, в материале – поведение, в следе – форму.

Переход к цифровому формообразованию не только трансформирует инструментарий дизайна, но и актуализирует необходимость его философского и культурного осмысления [Ruckstuhl K., Rabello, 2020]. Визуально-пластические объекты, возникающие в цифровой среде, все чаще рассматриваются не только как продукты технологического проектирования, но и как феномены культуры, подлежащие гуманитарному анализу. Это требует выхода за пределы инженерного и художественного дискурса и привлечения методологий культурологии, философии техники, визуальных исследований и медиа-теории [Песоцкая, 2022; Эко, 1998; Koch, 2022].

Одним из ключевых оснований такого анализа становится представление о форме как медиаторе между технологией и смыслом. В условиях цифрового проектирования форма перестает быть нейтральной оболочкой или технической структурой, она приобретает знаковую функцию, становясь языком, кодом, сценой взаимодействия между различными слоями проектной реальности. Элементы формы – линии, текстуры, слои, ритмы – несут в себе не только след алгоритма, но и культурные коннотации. Они отсылают к эстетике цифрового, к логике численного, к визуальной репрезентации процессов, которые ранее были невидимы [Бодрийяр, 2006].

Гуманитарные дисциплины предлагают рассматривать цифровую форму как гибридную конструкцию, сочетающую в себе метафоры, материальности и аффордансы. В этом контексте

особенно важны исследования, трактующие форму не как замкнутую структуру, а как интерфейс – место встречи пользователя, алгоритма и среды. Такой подход позволяет понять, каким образом форма организует поведение, восприятие и интерпретацию, каким образом она транслирует логику цифровой среды в визуальные и тактильные характеристики. Анализ формы, таким образом, становится анализом взаимодействий, отношений, сценариев использования [Песоцкая, 2022; Якуничев, 2016].

Философия техники, в свою очередь, акцентирует внимание на техногенности формы, на том, что форма в цифровую эпоху все чаще отражает не только художественные или функциональные решения, но и архитектуру самой технологической среды. Отсюда интерес к эстетике следа, к визуальности алгоритма, к структуре симуляции. Подобные явления требуют новых понятий и языков описания, таких как «эстетика слоя», «алгоритмическая тектоника». Это не просто метафоры, а инструменты анализа проектной культуры в условиях цифровой трансформации [Бодрийяр, 2006; Песоцкая, 2022].

Формообразование в цифровую эпоху оказывается неотделимым от гуманитарного знания. Оно требует аналитики, способной учитывать визуально-семантическую, техногенную и культурную многослойность цифровой формы. В этом контексте дизайн перестает быть исключительно прикладной дисциплиной и вступает в поле культурного производства, где форма – это одновременно выражение, технология и смысловая структура. Такая перспектива позволяет не только глубже понять процессы, происходящие в цифровом проектировании, но и расширить горизонты самого дизайна как формы культурной деятельности.

Заключение

Цифровой поворот в дизайне знаменует собой не просто внедрение новых инструментов и технологий, но коренную трансформацию самого способа мышления о форме. В условиях параметрического и алгоритмического проектирования форма перестает быть фиксированной сущностью и становится процессом – сценарием, системой зависимостей, результатом взаимодействия множества переменных. Такой подход смещает акценты с завершенного образа на формирующую логику, с объекта на динамическое поле отношений между кодом, материалом и визуальностью.

В этой новой среде формообразование приобретает статус культурной модели – способа репрезентации, интерпретации и артикуляции смыслов через цифровую морфологию. Эстетика слоя, тектоника параметра, алгоритмическая вариативность и морфогенетическая структура становятся не только техническими, но и символическими категориями. Проектные решения отражают не только функциональные или производственные задачи, но и философию цифрового времени: адаптивность, множественность, незавершённость, взаимодействие.

Роль дизайнера в этой системе также претерпевает изменения. Он становится куратором условий, организатором цифровых процессов, медиатором между алгоритмом и визуальным языком. Авторство в цифровом проектировании распределено: результат возникает из диалога между человеком, программой и машинной логикой. Это требует новых компетенций, как технологических, так и теоретических, и усиливает необходимость интеграции гуманитарного знания в образовательные и исследовательские практики дизайна.

Формообразование в цифровую эпоху – это больше не только путь к производству объектов, но и способ мышления, критики, художественного высказывания. В этом смысле дизайн становится медиативной практикой, а форма – культурным кодом, отражающим и преобразующим логику времени. Цифровая форма сегодня – это не только то, что видно, но и

то, как это стало возможным: визуализация вычислительного, эстетика зависимости, язык симуляции и материализации замысла через алгоритм.

Библиография

1. Бодрийяр Ж. Система вещей. М.: Рудомино, 2006. 304 с.
2. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 234 с.
3. Нурмырадова Т., Дженнелова Г., Аллакулыева Б. Биомиметика в архитектуре: как природа вдохновляет дизайны // Вестник науки. 2024. № 9 (78). С. 379-382.
4. Песоцкая К.И. Эстетика в цифровую эпоху: вкус и алгоритм // Наука. Искусство. Культура. 2022. № 3 (35). С. 25-42.
5. Эко У. Отсутствующая структура. Введение в семиологию. СПб.: ТОО ТК «Петрополис», 1998. 432 с.
6. Якуничев Н.Г. Природные корни дизайна // МНИЖ. 2016. № 5-2 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-korni-dizayna> (дата обращения: 17.01.2023).
7. Aduatz P. Creates 3D-Printed Concrete Furniture and Vases // Design-milk. URL: <https://design-milk.com/philipp-aduatz-creates-3d-printed-concrete-furniture-and-vases> (дата обращения: 23.06.2024).
8. 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.
9. Alexander C. Notes on the Synthesis of Form. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964.
10. 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.
11. Designboom – 'digital grotesque II': a 3D printed grotto with 1.35 billion algorithmically-generated surfaces // Designboom. URL: <https://www.designboom.com/architecture/digital-grotesque-grotto-2-3d-printed-michael-hansmeyer-benjamin-dillenburger-07-14-2017> (дата обращения: 30.01.2025).
12. Harding J., Shepherd P. Meta-parametric design // Design Studies. 2017. Vol. 52. P. 73-95. DOI: 10.1016/j.destud.2016.09.005.
13. Jung H., Wiltse H., Wiberg M., Stolterman E. Metaphors, materialities, and affordances: Hybrid morphologies in the design of interactive artifacts // Design Studies. 2017. Vol. 50. P. 1–23. DOI: 10.1016/j.destud.2017.06.004.
14. 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).
15. Nervous System // N-e-r-v-o-u-s. URL: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/> (дата обращения: 25.05.2024).
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. Simon H.A. The Sciences of the Artificial. Cambridge, MA: MIT Press, 1969.
20. Tondi A., Amraee B. Revision of the theory of design as a discipline: Content analysis of contemporary design methodology // Scholarly Journal of Theoretical Principles of Visual Arts. 2019. Spring–Summer. P. 3-30.

Formation as a cultural model: the digital turn in design

Aleksandra Yu. Lukanina

Postgraduate Student,
Ural State University of Architecture and Arts
named after N.S. Alferov,
620000, 23 Karla Libknekhta str., Ekaterinburg, Russian Federation;
e-mail: prodesign@lukanina.ru

Abstract

The article explores the transformation of the concept of form within the context of digital design. It demonstrates that in the era of parametric and generative technologies, form-making is no longer perceived as a finalized outcome but emerges as a scenario-based, processual phenomenon shaped by algorithm, material, and visual language. Digital form is interpreted as a cultural model that reflects ongoing changes in design culture, aesthetics, and the designer's role. Theoretical and humanities-based perspectives are discussed, including the aesthetics of layering, algorithmic tectonics. The relevance of an interdisciplinary approach to the study of digital morphology is emphasized.

For citation

Lukanina A.Yu. (2025) Formoobrazovanie kak kul'turnaya model': tsifrovoy povorot v dizaine [Formation as a cultural model: the digital turn in design]. *Kul'tura i tsivilizatsiya* [Culture and Civilization], 15 (4A), pp. 142-150.

Keywords

Digital form, form-making, design culture, parametric modelling, algorithmic design, aesthetics of layering, philosophy of technology, design, cultural model.

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 Publ.
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. Bodriiia Zh. (2006) *Sistema veshchei* [The System of Objects]. Moscow: Rudomino Publ.
5. Designboom (2017) 'digital grotesque II': a 3D printed grotto with 1.35 billion algorithmically-generated surfaces. Designboom. Available at: <https://www.designboom.com/architecture/digital-grotesque-grotto-2-3d-printed-michael-hansmeyer-benjamin-dillenburger-07-14-2017> [Accessed 30/01/2025].
6. Design-milk (n.d.) Philipp Aduatz Creates 3D-Printed Concrete Furniture and Vases. Design-milk. Available at: <https://design-milk.com/philipp-aduatz-creates-3d-printed-concrete-furniture-and-vases/> [Accessed 23/06/2024].
7. Ėko U. (1998) *Otsutstvuiushchaia struktura. Vvedenie v semiologiiu* [The Absent Structure. Introduction to Semiology]. St. Petersburg: TOO TK «Petropolis» Publ.
8. Harding J. & Shepherd P. (2017) Meta-parametric design. *Design Studies*, 52, pp. 73-95. DOI: 10.1016/j.destud.2016.09.005.
9. Iakunichev N.G. (2016) Prirodnye korni dizaina [Natural Roots of Design]. MNIŽ [International Research Journal], 5-2(47). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-korni-dizayna> [Accessed 17/01/2023].
10. Jung H., Wiltse H., Wiberg M. & Stolterman E. (2017) Metaphors, materialities, and affordances: Hybrid morphologies in the design of interactive artifacts. *Design Studies*, 50, pp. 1–23. DOI: 10.1016/j.destud.2017.06.004.
11. 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. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/362321819> [Accessed 13/04/2023].
12. Nervous System (n.d.) *N-e-r-v-o-u-s*. Available at: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/> [Accessed 25/05/2024].
13. Nurmyradova T., Dzhennelova G. & Allakulieva B. (2024) Biomimetika v arkhitekture: kak priroda vdokhnovliaet dizainy [Biomimetics in Architecture: How Nature Inspires Designs]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 9(78), pp. 379-382.
14. 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.
15. 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.
16. Pesotskaia K.I. (2022) Estetika v tsifrovuiu epokhu: vkus i algoritm [Aesthetics in the Digital Age: Taste and Algorithm]. *Nauka. Iskusstvo. Kul'tura* [Science. Art. Culture], 3(35), pp. 25-42.

-
17. 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.
 18. Simon H.A. (1969) *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press Publ.
 19. Tondi A. & Amraee B. (2019) Revision of the theory of design as a discipline: Content analysis of contemporary design methodology. *Scholarly Journal of Theoretical Principles of Visual Arts*, Spring–Summer, pp. 3-30.
 20. Zlenko M.A., Popovich A.A. & Mutilina I.N. (2013) *Additivnye tekhnologii v mashinostroenii: ucheb. posobie* [Additive Technologies in Mechanical Engineering: Textbook]. St. Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta Publ.