

*Селезов А.В., Кашайкин С.И., Арумугам Г. Генеративные методы проектирования, применение и перспективы развития // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2019. – №1 (январь). – АРТ 16-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

**РУБРИКА: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**УДК 004.896**

**Селезов Артём Викторович**

**Кашайкин Сергей Иванович**

**Арумугам Гриша**

студенты 1 курса магистратуры,

факультет машиностроительных технологий

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»

г. Москва, Российская Федерация

e-mail: [selezov\\_artem@mail.ru](mailto:selezov_artem@mail.ru)

**ГЕНЕРАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

*Аннотация:* В статье рассмотрены общие принципы работы генеративных систем, приведены базисные этапы взаимодействия человека с этой системой, а также затронут вопрос о перспективах развития и экономической выгоде.

*Ключевые слова:* генеративное проектирование, аддитивное производство, топологическая оптимизация, трабекулярные структуры, синтез форм.

**Selezov Artem Viktorovich**  
**Kashaikin Sergey Ivanovich**  
**Arumugam Grisha**

1st year magistracy students,  
faculty of engineering technologies  
FGBOU VO «Bauman Moscow State Technical University»  
Moscow, Russian Federation

## **GENERATIVE DESIGN METHODS, APPLICATION AND DEVELOPMENT PROSPECTS**

*Abstract:* The article discusses the general principles of operation of generative systems, describes the basic stages of human interaction with this system, and also addresses the issue of development prospects and economic benefits.

*Keywords:* generative design, additive manufacturing, topological optimization, trabecular structures, synthesis of forms.

К современным методам проектирования относят генеративные методы проектирования, при котором инженер делегирует часть процессов конструирования вычислительным платформам, которые путем задания параметров и ограничений создают варианты решений, формирующие видение окончательного продукта [1, 2].

За последнее десятилетие наблюдается продвижение в областях аддитивных технологий, алгоритмах искусственного интеллекта и существенных возможностях облачных вычислений, что позволяет практически любому человеку создавать сотни или даже тысячи вариантов решений за меньшее время, что невозможно традиционными методами

проектирования. Генеративные методы позволяют создавать детали прочнее, легче и рационально экономить материал, а также удовлетворять эстетическими свойствами.

Поскольку мир развивается и становится всё требовательным к проектируемым объектам генеративные методы позволят решать большие комплексные задачи непосильные человеку сейчас.

### **Общий принцип работы генеративных систем**

Генеративные системы допускают более интегрированный рабочий процесс между инженером и компьютером, где вычислительная машина воспринимается не как средство, а как «партнер» в ходе поиска решений [3].

На текущий момент генеративные системы основываются на значительных теоретических и практических опытах. Нельзя не отметить эволюционные алгоритмы, в основе которых лежат процессы естественного отбора и другие не мало важные методы – клеточные автоматы, нейросети, системы Линденмайера, фракталы, «математический хаос», «шум Перлина», «искусственная жизнь», рандомизация и многие другие [4]. Несмотря на разные подходы к решению среди них можно выделить базисные этапы взаимодействия пользователя с генеративной системой:

– От инженера требуется ввести параметры проектирования и цели проекта, например, величина и направление действующих нагрузок, материал и его свойства, требуемый запас прочности, ограничения и другое;

– Используя программные алгоритмы компьютер может выдавать порядка 1000 решений, выполняя для каждого из них анализы эффективности. Вычисление может происходить на локальном компьютере или с помощью облачных сервисов;

– Получив первоначальные результаты инженер изучает их, корректирует исходные параметры (при необходимости) для того, чтобы получить подходящее решение;

– Дальнейшая работа с найденным решением с целью его подготовки к изготовлению и само изготовление. Как правило для сложных конструкций применяют технологию аддитивного производства [5].

### **Применение и перспективы развития**

Генеративное проектирование – общее понятие, сочетающие в себе множество новых систем автоматизированного проектирования (САПР), которые применяются для оптимизации изготовления, снижения веса изделий и экономии используемых материалов. Результатом применения этих инструментов становятся органичные и даже взвешенные с виду детали, которые в некоторых случаях позволяют сократить стоимость производства.

Наибольших успехов для широкого круга пользователей добилась компания Autodesk, которая предлагает множество решений. Среди которых можно выделить следующие направления:

– Топологическая оптимизация

Топологическая оптимизация позволяет генерировать формы, оптимизированные по жесткости и массе, исходя из заданных нагрузок и ограничений. Получает широкое распространение благодаря растущему применению в промышленности аддитивного производства, позволяющего создавать гораздо более сложную геометрию деталей.

Принцип работы состоит в следующем: в выбранное программное обеспечение, например Autodesk Fusion 360, загружают неоптимизированную 3D модель, где после ввода необходимых параметров и ограничений запускается метод конечно-элементного анализа с целью оптимизации модели. В ходе вычислений программа удаляет лишний объём

материала, не несущего конструктивной прочности и жесткости, поэтому его можно удалить без каких-либо эксплуатационных последствий. Так на рисунке 1 изображен кронштейн до и после топологической оптимизации.



Рисунок 1 – Топологически оптимизированный кронштейн  
Источник: URL: <https://www.autodesk.com/> (дата обращения 05.01.2019)

#### – Оптимизация структуры и поверхности

Данный метод схож с топологической оптимизацией тем, что он также оптимизирует поверхность методом конечно-элементного анализа с целью облегчить и сделать прочнее изделие. Отличие в том, что он заполняет или заменяет части элементов, несущих нагрузку на элементы, напоминающие кристаллическую решетку, что позволяет добиться большего снижения веса изделия при сохранении прочности и жесткости конструкции. Так, на рисунке 2 изображена тележка скейтборда с оптимизированной структурой.



Рисунок 2 – Оптимизированная структура тележки скейтборда

Источник: URL: <https://www.autodesk.com/> (дата обращения 05.01.2019)

#### – Трабекулярные структуры

Трабекула – это микроскопический элемент ткани в форме небольшого пучка, распорки или стержня, который обычно выполняет механическую функцию. Наше тело состоит из множества таких структур и генеративные методы проектирования позволяют имитировать крошечные поры и создавать шероховатость поверхности, схожую с костями человека при изготовлении медицинских имплантов. Примером программы для такого рода оптимизации структуры является программа Autodesk Within Medical с помощью которой был разработан имплант для замещения костей черепа (рисунок 3).



Рисунок 3 – Имплант для замещения костей черепа

Источник: URL: <https://www.autodesk.com/> (дата обращения 05.01.2019)

#### – Синтез формы

Топологическая оптимизация является предшествующим методом проектирования, где параметры и формы изделия уже известны, и оптимизация происходит на основе этих данных. Синтез форм позволяет генерировать совершенно новые, непредсказуемые решения и предлагать альтернативные варианты.

Получаемые формы обладают естественным, природным дизайном, который может выходить за рамки представления инженера, позволяя ориентироваться на поиск цели.

Типичным примером программного обеспечения, реализующего такие задачи, является Autodesk Generative Design. Для сравнения на рисунке 4 изображен кронштейн ракетного двигателя с использованием топологической оптимизации, а на рисунке 5 с использованием синтеза форм для поиска решения.

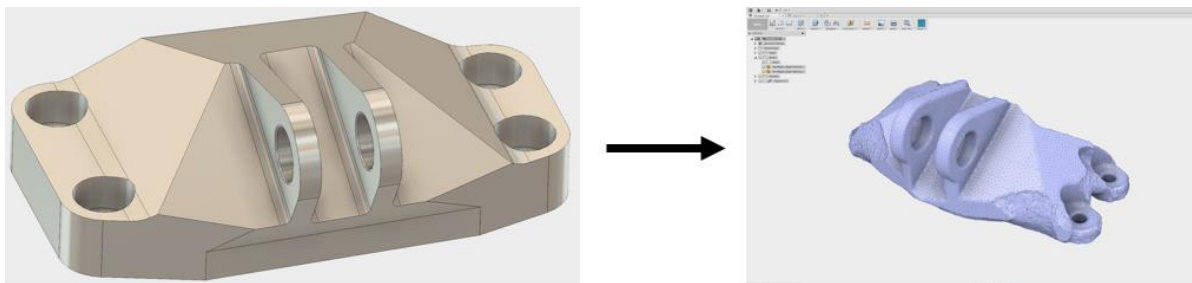


Рисунок 4 – Топологическая оптимизация кронштейна ракетного двигателя

Источник: URL: <https://www.autodesk.com/> (дата обращения 05.01.2019)

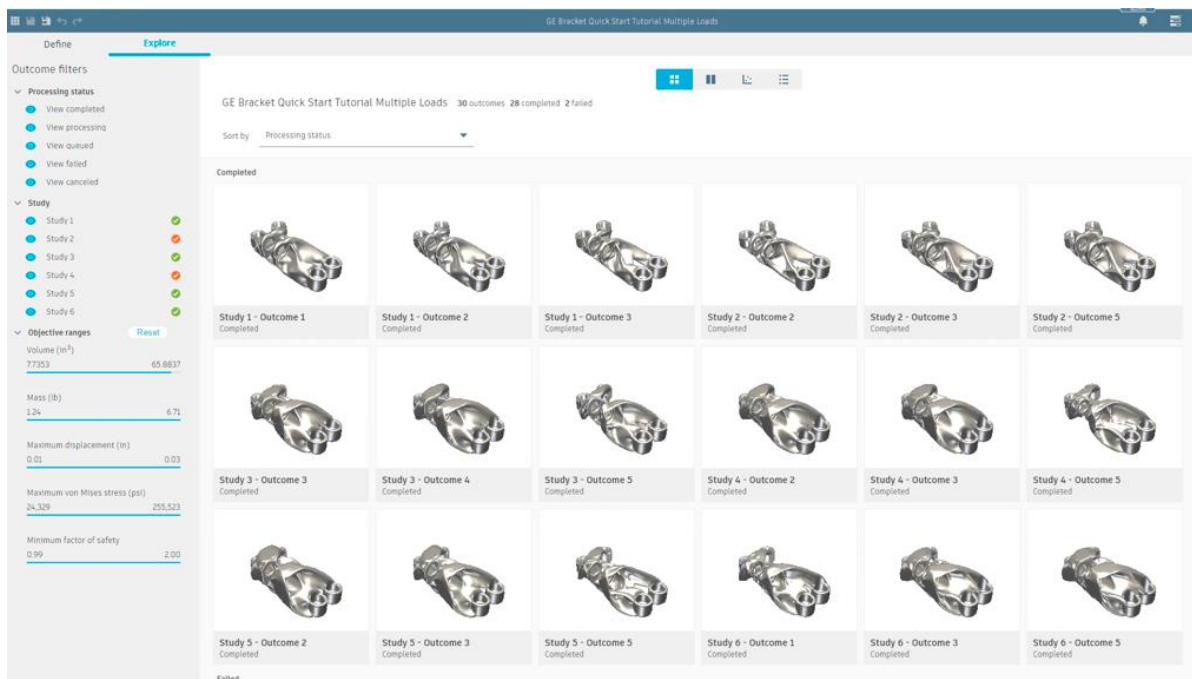


Рисунок 5 – Синтез формы кронштейна ракетного двигателя

Источник: URL: <https://www.autodesk.com/> (дата обращения 05.01.2019)

Из последнего рисунка видно 18 вариантов исполнения кронштейна, где нет предвзятости к исходной геометрии в качестве отправной точки, в отличие от одной топологически оптимизированной детали.



Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод, что генеративное проектирование будет развиваться и дальше в ближайшем будущем, так как оно позволяет сделать изделия легче и прочнее, удовлетворять лучшим эстетическим свойствам, создавать трабекулярные структуры для медицинских изделий с заданной пористостью и шероховатостью, обеспечивающей сокращение времени заживления имплантов и много другое [6].

Но нельзя не отметить и высокую стоимость аддитивного производства, как превалирующего для реализации такого рода изделий, относительно традиционных методов изготовления. Однако, в ряде областей этот недостаток нивелируется, например, в медицине при производстве имплантов экономится дорогостоящий материал, а его структура снижает вероятность отторжения организмом. В авиастроении на каждый килограмм материала, снятого с самолёта, экономится 106 кг топлива в год. В машиностроении снижение веса автомобиля на 10% приводит к экономии топлива на 3% [7]. Также в США существуют нормативные акты, регулирующие усилия по снижению веса, такие как стандарты корпоративной средней экономии топлива (SAFE), которые требуют ежегодного увеличения эффективности использования топлива для легковых и малых грузовых автомобилей [8].

Изделия с меньшим весом, приводимые в движение двигателями и приводами, будут работать быстрее, что приведет к сокращению времени цикла и дополнительной производительности, что напрямую влияет на экономию при эксплуатации. Так легковые автомобили будут быстрее разгоняться и лучше маневрировать, пробег и грузоподъемность увеличатся, а износ снизится, лопасти ветряных турбин при снижении веса на 20-30% позволят сгенерировать энергии почти в 3 раза больше [9].

Подытожив, можно сказать, что везде необходимо искать компромисс и учитывать все возможные факторы как при производстве, так и при эксплуатации изделий [10, 11].

### **Заключение**

Генеративное проектирование развивается очень активно и продолжит свое развитие в будущем, ведь оно предоставляет инженерам весь спектр современных, эффективных и технологичных решений. А с развитием и снижением стоимости аддитивного производства позволит воплощать в жизнь новые, абсолютно нетривиальные решения.

### **Список использованной литературы:**

1. В.Н. Канягин. Промышленный дизайн Российской Федерации: возможность преодоления дизайн-барьера. – Издательство Политехнического университета, 2012. – С. 37.
2. Метелик Т.С. Генеративный метод проектирования и способы его реализации в графическом дизайне // Бизнес и дизайн ревю: журнал. – 2017. – Т. 1, № 2(6). – С. 11.
3. Юрий Ветров. Алгоритмический дизайн. – URL: <https://jvetrau.com/algorithmic-design/> (дата обращения 05.01.2019).
4. Генеративный дизайн. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%B9%D0%BD](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%B9%D0%BD) (дата обращения 05.01.2019).
5. Matthew McKnight. Generative Design: What it is? How is it Being Used? Why it's a Game Changer! – URL: <https://www.knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/612/1903> (дата обращения 05.01.2019).
6. Phillip Keane. The New Age of Highly Efficient Products Made with Generative Design, 2017. – URL: <https://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/15136/The-New-Age-of-Highly-Efficient-Products-Made-with-Generative-Design.aspx> (дата обращения 05.01.2019).
7. How to Build a Car that Gets 54.5 MPG. – URL: <https://www.forbes.com/pictures/ehmk45lii/weight-reduction/> (дата обращения 05.01.2019).

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

8. Corporate Average Fuel Economy. – URL: <https://www.nhtsa.gov/laws-regulations/corporate-average-fuel-economy> (дата обращения 05.01.2019).
9. Wind turbine blades: Glass vs. carbon fiber. – URL: <https://www.compositesworld.com/articles/wind-turbine-blades-glass-vs-carbon-fiber> (дата обращения 05.01.2019).
10. What Generative Design Is and Why It's the Future of Manufacturing. – URL: <https://www.newequipment.com/research-and-development/what-generative-design-and-why-its-future-manufacturing> (дата обращения 05.01.2019).
11. Mechanical engineer's guide to lightweighting. – URL: <https://www.autodesk.com/industry/manufacturing/resources/mechanical-engineer/lightweighting-guide> (дата обращения 05.01.2019).

*Дата поступления в редакцию: 05.01.2019 г.*

*Опубликовано: 12.01.2019 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2019*

*© Селезов А.В., Кашайкин С.И., Арумугам Г., 2019*