

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 681.5.015

Кошман
Виктория Дмитриевна

Оптимизация формообразования на основании ГД
средствами САД систем

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1–36 80 08 Инженерная геометрия и компьютерная графика

(подпись магистранта)

Научный руководитель

Гиль Светлана Валентиновна,
кандидат технических наук, доцент

(подпись научного руководителя)

Минск 2022

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в современном мире, когда технологии стремительно меняют не только повседневную жизнь, но и область промышленного производства, одной из первостепенных задач для организаций становится выпуск более качественной и конкурентоспособной продукции. При этом требования к деталям и конструкциям со временем только растут. Так, например, это характерно для аэрокосмической, автомобильной, железнодорожной, строительной и других индустрий, где требования уменьшения изделия по массе при сохранении прежних функциональных и прочностных характеристик, всегда актуальны и достаточно важны. В условиях современного рынка существенным фактором конкурентоспособности изделия является время, затраченное на разработку модели, а также количество вариантов, предоставляемое инженеру или конечному заказчику за определённый срок, которые будут соответствовать всем производственным, функциональным и прочностным характеристикам.

Предварительные исследования тенденций развития проектирования показали растущий интерес специалистов из разных стран и областей к генеративному дизайну. Это в первую очередь связано с бурным развитием производственных и компьютерных технологий, расширением применения облачных технологий и нейросетей, а также исследованием и созданием новых материалов и подходов к производству, например аддитивным. Новые возможности позволяют проектировать и производить изделия, обладающие конфигурацией ранее невозможной в воспроизведении, или требующей больших временных и/или материальных затрат на производство. Главная роль ГД (ГД) — это объединение, сплав креативной работы дизайнеров и более практичного подхода инженеров для создания качественного промышленного продукта.

ГД – одно из самых перспективных и инновационных направлений в проектировании в настоящее время. В странах ближнего и дальнего зарубежья выделены производственные сферы и области, где постепенно внедряется эта технология и демонстрирует отличные результаты использования. В РБ конструктивных предложений производственной реализации ГД не существует. Тем не менее, данное направление в проектировании может способствовать развитию различных производственных отраслей в стране, сокращению издержек производства и импортозамещению достаточно широкого диапазона продукции на белорусском рынке при существенном повышении её уровня качества.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами

Тема диссертационной работы соответствует пункту 1 приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021–2025 гг., утвержденных Указом Президента Республики Беларусь №156 от 7 мая 2020 г. «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства».

Цель, объект, предмет, задачи диссертации

Целью диссертационной работы является исследование специфики ГД в процессе формообразования деталей средствами САД систем.

Объектом исследования является процесс формообразования элементов (деталей) на основании технологии ГД. Предмет исследования: создание алгоритма применения технологии ГД средствами САД систем и исследование его по результатам моделирования формы в деталях нескольких конструкций.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе были обозначены следующие задачи исследования:

- проследить генезис ГД и дать его определение;
- классифицировать направления ГД и охарактеризовать области применения нового направления в проектировании на основании зарубежного опыта;
- рассмотреть и исследовать методы и средства его реализации, дать обоснование практического использования данной технологии на основании выполненного анализа;
- проанализировать характеристики программных платформ для создания трехмерных моделей изделий на основе технологии ГД;
- создать алгоритм применения ГД и исследовать его на примере формообразования деталей конструкций;
- определить класс и материала объектов, для которых рекомендовано применение данного алгоритма;
- рассмотреть основные факторы, влияющие на применимость технологии ГД к задачам проектирования;
- привести экономическое обоснование целесообразности использования технологии ГД на примере решения практических задач.

Научная новизна, актуальность, практическая значимость

Научная новизна состоит в том, что предложена оригинальная реализация применения ГД при проектировании элементов (деталей) с сопутствующим экономическим обоснованием целесообразности применения данного метода.

Актуальность диссертации заключается в том, что исследование технологии ГД может способствовать не только развитию различных производственных отраслей в стране, сокращению издержек производства, но и импортозамещению достаточно широкого диапазона продукции на белорусском рынке при существенном повышении её уровня качества.

Практическая значимость работы:

1 Основные результаты проекта могут быть использованы: в разработке учебных курсов в сфере инженерной и компьютерной графики для второй ступени обучения на соответствующих профильных кафедрах технических учреждений образования, при планировании и проведении исследований в сфере ГД.

2 Выработаны практические рекомендации по оценке и рациональному выбору инструментов реализации и объектов технологии ГД.

3 Применение разработанного алгоритма позволит получить оптимизированную форму изделия с последующей интеграцией в производство.

Теоретическая, методологическая и информационная основа работы

Теоретическая и методологическая основа диссертации: в качестве методологической базы применялся системный подход, предполагающий комплексное рассмотрение объекта и предмета исследования. Для получения аналитических данных использовались различные методы, в том числе и метод сравнительного анализа.

Информационная база исследования сформировалась на основе отечественной и зарубежной литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и публикаций.

Личный вклад соискателя ученой степени

Содержание диссертации отображает личный вклад автора. Он заключается в практическом обосновании алгоритма применения ГД, проведении анализа по исследованию характеристик наиболее подходящих инструментов, а именно САД систем, оценке экономической эффективности современной технологии ГД в

прикладных задачах компьютерного проектирования, обработке и анализе полученных результатов, формулировке выводов.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 58-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2022 год), X Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы» (г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация, 2022 год), X Международной научно-методической конференции «Графическое образование в высшей школе» (г. Брянск, Российская Федерация, 2022 год).

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, перечня условных обозначений и терминов, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка, одного приложения и графического материала. Общий объем диссертационной работы составляет 72 страницы, из них 52 страницы текста, 33 рисунка на 10 страницах, 7 таблиц на 5 страницах, список использованных библиографических источников (45 наименований на 3 страницах), список публикаций автора по теме диссертации (3 наименования на 1 странице), 1 приложение на 1 странице, графический материал на 1 странице.

Опубликование результатов диссертации

По результатам работы, представленным в диссертации, опубликовано 3 печатные работы, общим объемом 14 авторских листов; 1 тезисы доклада, 2 статьи в сборниках и материалах конференций. Публикация работ производилась, как локально (в рамках университета), так и на международном уровне (РИНЦ).

Проверка на уникальность

Проведена экспертиза диссертации Кошман Викторией Дмитриевны «Оптимизация формообразования на основании генеративного дизайна средствами САД систем» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «RusTXT» (адрес доступа: <https://rustxt.ru/antiplagiat>) в on-line режиме 12.06.2022 г. В результате проверки установлена корректность использования заимствованных материалов: оригинальность диссертационной работы составляет 84,1 %.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В ходе проведения научного исследования, были определены и описаны: цель, объект, предмет, задачи, актуальность и новизна работы. Они изложены в общей характеристике работы и введении.

В первой главе магистерской диссертации были исследованы основные теоретические аспекты технологии ГД, описана история его возникновения и развития, а также выделены его основные виды и методы реализации. Сформулированы основные преимущества и недостатки ГД, а также возможности его применения для оптимизации формообразования в инженерии. Проведенные исследования стали основой статьи для 58 СНТК БГУИР 2022 г.: «Перспективы применения технологии ГД в проектировании».

Во второй главе диссертации проводилось исследование современных программных платформ трехмерного моделирования (CAD) с возможностью использования технологии ГД. Описаны популярные и современные CAD системы, были определены критерии и оценочная шкала, проведен качественный и количественный сравнительный анализ рассмотренных CAD систем.

В третьей главе на основании анализа методов реализации ГД и возможностей современных CAD систем представлен алгоритм применения технологии ГД для решения практических задач компьютерного проектирования. Выделены, сформулированы и описаны основные этапы алгоритма, а также приведены конкретные практические примеры оптимизации формы объектов средствами Autodesk Inventor и Fusion 360 в соответствии с разработанным алгоритмом: кронштейна узла навески элеронов и каркаса кресла самолёта. Эффективность применения предлагаемого алгоритма отражена в виде графика из множества созданных параметризованных компьютерных моделей с улучшенными характеристиками и оптимизированной геометрией формы в соответствии с входными и граничными условиями. Проведенные теоретические и практические научные исследования, а также полученные по итогам результаты легли в основу научно-исследовательской статьи: «ГД в решении прикладных практических задач проектирования» для X Международной научно-методической конференции, г. Брянск, Российская Федерация. Обоснование и перспективы применения инновационной технологии ГД в учебном процессе для второй ступени обучения на соответствующих профильных кафедрах высших технических учреждений образования представлены в статье «Современные технологии компьютерного проектирования в концепции непрерывного графического образования» для X

Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы», г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация.

В четвёртой главе магистерской диссертации представлено экономическое обоснование эффективности применения технологии ГД в решении конкретных практических задач. Для этого в соответствующих разделах были определены и рассчитаны критерии экономической эффективности представленного проекта, а также приведены конкретные и актуальные данные для качественной оценки перспективы реализации внедрения современной технологии ГД в прикладных задачах компьютерного проектирования.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1 Кошман, В.Д. Перспективы применения технологии генеративного дизайна в проектировании / В.Д. Кошман // материалы 58-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Инженерная и компьютерная графика», Минск, Республика Беларусь, 18–22 апреля 2022 г. / УО «БГУИР». – Минск, 2022. – С.827–829.

2 Кошман В.Д., Гиль С.В. ГД в решении прикладных практических задач проектирования: X Международная научно-методическая конференция «Графическое образование в высшей школе», – 13 апреля 2022 г., Брянский государственный технический университет (БГТУ), г. Брянск, Российская Федерация. 2022 г. – Находится в печати.

3 Кошман В.Д., Гиль С.В. Современные технологии компьютерного проектирования в концепции непрерывного графического образования: сборник трудов X Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в инженерной графике. Проблемы и перспективы», – 23 апреля 2022 г., г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), – Брест: БрГТУ, 2022. – Находится в печати.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы над магистерской диссертацией был проведён всесторонний анализ ГД: рассмотрен его генезис, приведены различные определения, выделены его основные виды, процессы и области применения. Выполнен обзор аналитических методов решения задач на основании ГД и топологической оптимизации, выявлено широкое распространение ESO и BESO методов компьютерного анализа и синтеза, а также особенности реализации их современными САПР.

Рассмотрены основные факторы, влияющие на применимость и распространение технологии ГД к задачам проектирования, выявлены проблемы и предложены пути их решения. Также была исследована роль и место ГД в современной инженерии и компьютерном проектировании, а также перспективы его развития и внедрение в современное производство.

В ходе сравнительного анализа используемых на данном этапе САД систем и на основании метода взвешенных оценок, были описаны их основные особенности, функциональные возможности, проанализированы характеристики программных платформ для создания трехмерных моделей изделий и выявлены достоинства/недостатки, что позволило определить наиболее подходящие инструменты, отвечающие основной цели представленного проекта.

По результатам всестороннего исследования был определен класс объектов, для которых рекомендовано применение технологии ГД и разработан оригинальный алгоритм его применения. Теоретико-методологическую основу исследования сформировал проведенный патентно-информационный поиск на основании работ отечественных и зарубежных исследователей, перечисленных в списке использованных источников.

Для практической реализации выполненного теоретического исследования в качестве примеров оптимизации формообразования на основе технологии ГД выбраны: кронштейн узла навески элеронов и опоры кресла самолёта. Средствами Autodesk Inventor и Fusion 360 на основании определённых входных параметров исследуемых систем ESO и BESO методами компьютерного анализа проведено моделирование и оптимизация формы конструкций, отмечено существенное уменьшение массы объектов. Результат представлен в виде графика из множества созданных параметризованных компьютерных моделей с улучшенными характеристиками и оптимизированной геометрией формы в соответствии с входными и граничными условиями задач. Таким образом удалось доказать

практическую эффективность алгоритма применения технологии ГД САД системами на реальных примерах.

В результате экономического обоснования проведения замещения активов были получены следующие значения показателей экономической эффективности: величина чистого дисконтированного дохода равна 2538,16 тыс. \$ за 6 лет, а общий срок окупаемости инвестиций составляет около 6 месяцев, что доказывает общую целесообразность использования технологии ГД в решении практических задач компьютерного проектирования.

Согласно прогнозу исследовательской компании Market Data Forecast, мировой рынок ГД к 2025 году увеличится до 315 млн. \$ [45]. Это значит, что ежегодный рост составит около 15-20 %, что соответственно может дать хороший прогноз занятости для специалистов данного направления.

Таким образом все поставленные задачи диссертации выполнены в полном объёме, а цель достигнута.

Основные результаты представленного проекта могут быть использованы:

- в разработке учебных курсов в сфере инженерной и компьютерной графики;
- при планировании и проведении исследований в сфере ГД;
- в практической деятельности организаций и компаний.

Результаты исследовательской работы, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 58-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Беларусь, 2022 год), X Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы» (г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация, 2022 год), X Международной научно-методической конференции «Графическое образование в высшей школе» (г. Брянск, Российская Федерация, 2022 год).

В совокупности с новыми технологиями и квалифицированными кадрами, генеративное творчество в будущем полностью перевернёт такие понятия, как производство, проектирование и инновации.