

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Молодежная научно-практическая
конференция**

20 ноября 2025 года

Сборник научных докладов

Новосибирск
СГУГиТ
2026

УДК 528.952:001.89

И62

И62 Инженерная графика и трехмерное моделирование. Молодежная научно-практическая конференция : сборник научных докладов (20 ноября 2025 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2026. – 90 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-907998-65-0

В сборнике опубликованы научные доклады студентов, магистрантов, аспирантов высших учебных заведений, принимавших участие в молодежной научно-практической конференции «Инженерная графика и трехмерное моделирование».

Материалы публикуются в авторской редакции

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.952:001.89

ISBN 978-5-907998-65-0

© СГУГиТ, 2026

ОРГАНИЗАТОР:

Сибирский государственный университет
геосистем и технологий

КООРДИНАТОРЫ:

Руководитель научно-исследовательской деятельности студентов СГУГиТ

Татьяна Юрьевна Бугакова

Аспирант кафедры картографии и геоинформатики

Никита Сергеевич Головачев

ОРГКОМИТЕТ:

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИГиМ

Ольга Геннадьевна Павловская

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИОиОТ

Елена Юрьевна Кутенкова

Руководитель научно-исследовательской работы студентов ИКиП

Анатолий Викторович Ершов

Размещено на сайте СГУГиТ

[https://sgugit.ru/student/research-work/
conference-engineering-graphics-and-three-dimensional-modeling](https://sgugit.ru/student/research-work/conference-engineering-graphics-and-three-dimensional-modeling)

СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОДАНЫХ ПО ТЕПЛОВЫМ ОСТРОВАМ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В настоящее время из-за прогрессирующей урбанизации российские города быстро застраиваются, накапливает солнечное тепло, а ночью не успевают достаточно охладиться. Городские острова тепла возникают из-за особенностей свойств подстилающей поверхности в городах. Городское пространство хорошо поглощает и аккумулирует солнечное тепло; наличие непроницаемых для влаги искусственных поверхностей ограничивает расход тепла на испарение и приводит к тому, что больше тепла уходит на нагрев воздуха; также, свой вклад вносят выбросы парниковых газов от зданий, машин, промышленности. При этом на остров тепла сильно воздействуют фоновые метеорологические условия: он явно выражен на фоне облачной и ветреной погоды и усиливается во время ясной и безветренной погоды, например, во время летних волн жары. Одним из решений данной проблемы становится разработка отечественной цифровой платформы с дополненной реальностью и моделью ИИ, использующая зависимости, влияющие на формирование тепловых островов для расчета интенсивности эффекта острова тепла на основе характеристик погоды и детализированных свойств подстилающей поверхности и городской застройки [1, 2].

С помощью инструмента дополненной реальности в мобильном приложении, пользователи смогут "наложить" цифровые объекты на реальные физические объекты (например, аналоговую карту) через камеру смартфона [3]. Решение задачи в режиме реального времени с помощью современных мобильных технологий позволит сократить время и трудозатраты на проведение работ по уточнению параметров тепловых островов. Целью данного исследования ставилось разработка прототипа мобильного приложения дополненной реальности, визуализирующего информацию о площади озеленения картографируемой территории.

При проведении работы использовались методы ГИС-анализа, трехмерного моделирования, инструменты векторной графики. Исходными данными выступили аналоговая туристская карта г. Новосибирска, данные дистанционного зондирования Земли.

Экспериментальная часть работы производилась с использованием программы геоинформационной системы Next GIS [4], программного обеспечения трехмерной графики Blender, набора средств разработки для трекинга Vuforia Engine и средства разработки приложений ДР Unity Engine [5–7].

В качестве маркера дополненной реальности выступила туристская карта Дзержинского района г. Новосибирска. Сначала были посчитаны площади озеленения районов города, которые легли в основу данных для визуализации в качестве объектов дополненной реальности. Далее были смоделированы строения в программе трехмерной графике Blender (рис. 1) [8].

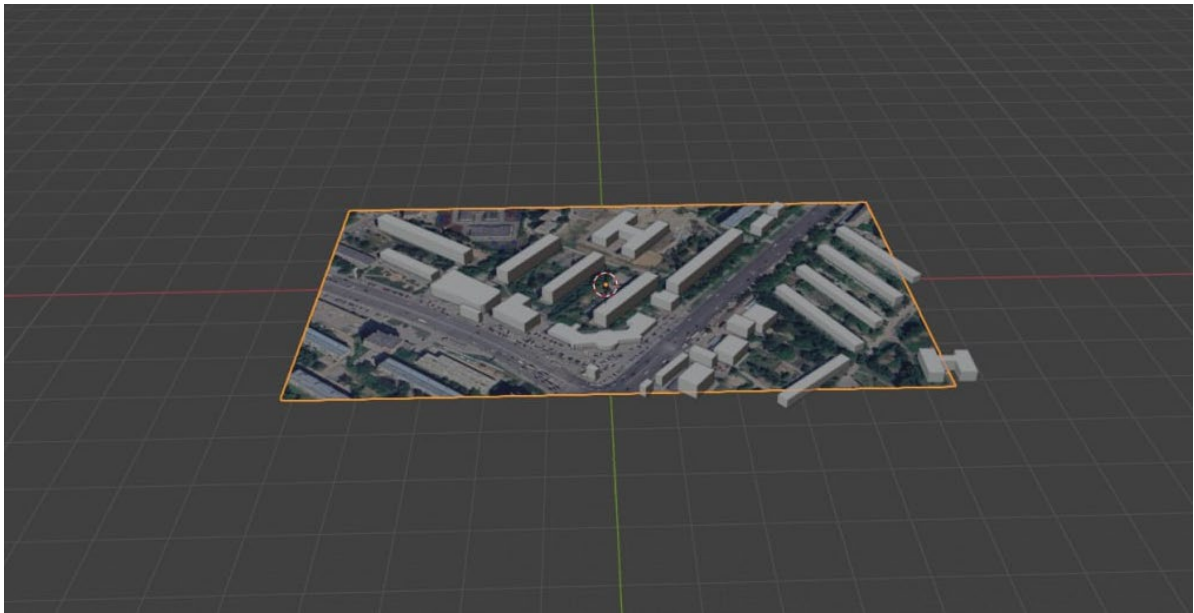


Рис. 1. Моделирование зданий в ПО Blender

Модели зданий и информация по площади озеленения Дзержинского района г. Новосибирска были использованы в качестве объектов ДР в ПО Unity Engine (рис. 2).

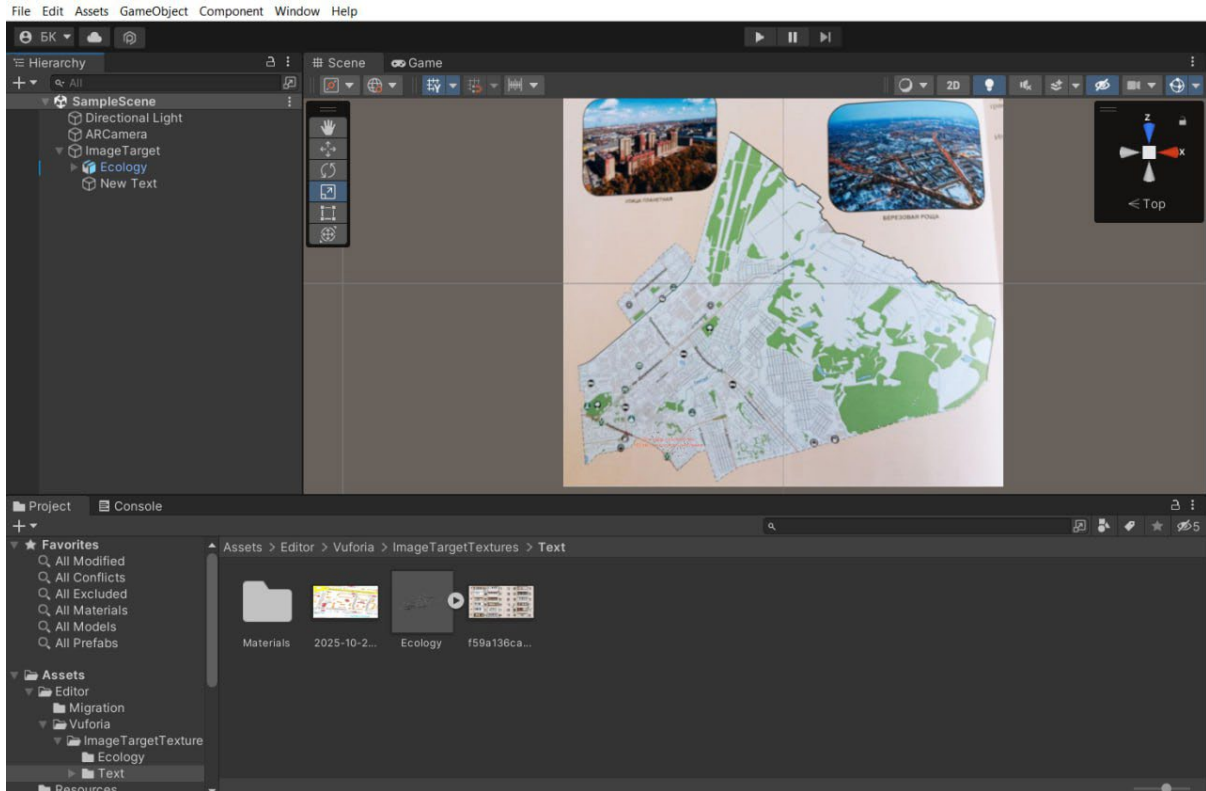


Рис. 2. Разработка мобильного приложения дополненной реальности в Unity Engine

В настоящее время создан прототип мобильного приложения для туристской карты Дзержинского района г. Новосибирска (рис. 3). Реализация представленного проекта направлена на создание решения, которое минимизирует негативные последствия эффекта теплового острова в городах.



Рис. 3. Прототип мобильного приложения ДР с визуализацией зданий и подписи

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаков, С. В. Применение карт дифференциального альбедо для оценки теплового эффекта "городского острова тепла" с использованием геоинформационных систем / С. В. Исаков, В. А. Шкляев // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края : Сборник научных трудов / Пермский государственный национальный исследовательский университет. Том Выпуск 4. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2011. – С. 59-63. – EDN WMOWIB.

2. Симакова, М. С. Роль зеленых насаждений в регулировании теплового баланса городских улиц: борьба с эффектом «теплового острова» / М. С. Симакова, Ю. К. Широбокова, С. П. Маракулина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 11-3(98). – С. 221-224. – DOI 10.24412/2500-1000-2024-11-3-221-224. – EDN AIWCVP.

3. Пошивайло, Я. Г. Анализ и систематизация технических средств и технологий дополненной реальности в картографии / Я. Г. Пошивайло, К. С. Батырова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 3. – С. 154-162. – DOI 10.18799/24131830/2024/3/4237. – EDN WKXCQO.

4. Официальный сайт Quantum GIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qgis.org/ru/site/>

5. Официальный сайт Unity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://id.unity.com/ru/conversations/00a08144-4e9d-489d-a7ae-1e697f6e9061008f10>.

6. Официальный сайт Inkscape [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inkscape.org/ru/>

7. Официальный сайт Vuforia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.vuforia.com/vui/auth/login?url=node%2F4815019>

8. Официальный сайт EarthExplorer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

© К. С. Батырова, А.Р. Федоренко, 2026

РАЗРАБОТКА СОПРЯЖЕННОГО СО СМАРТФОНОМ УСТРОЙСТВА С РЕГУЛИРОВКОЙ БАЗЫ ДЛЯ СТЕРЕОФОТОГРАФИИ

Развитие классической цифровой фотографии в виде одиночных плоских кадров постепенно достигает предела своего развития. Возникает потребность в переходе на качественно новый уровень фототехники – добавление дополнительного измерения – глубины (информации об объеме).

Простейшим способом добавления информации о глубине отображаемого пространства в фотографии является стереоскопическая фотография (стереофотография) – съемка объекта или сцены двумя камерами одновременно, расположенными на определенном расстоянии относительно друг друга.

Процесс стереофотосъемки можно проводить либо двумя независимыми фотокамерами, либо одной фотокамерой, но с двумя оптическими каналами (один раздвоенный объектив или два разделенных). В обоих случаях для получения хорошего стереофотоснимка «момент» съемки должен быть хорошо синхронизирован у обоих оптических каналов получения информации.

На рынке фотокамеры стереоскопического типа пока не нашли большой популярности, однако имеют хороший потенциал развития. Информацию о снимаемом объекте можно использовать как для простого просмотра стереофото, так и для анализа глубины и формы поверхности объекта, а в случае, если модернизировать саму конструкцию стереофотоаппарата путем добавления к ней, например, проектора структурированного света, то такой фотоаппарат преобразуется в полноценный 3D-сканер. И такое решение откроет нам еще больше потенциальных возможностей применения стереофототехники.

Целью данной работы является разработка макета удобного и доступного устройства, которое позволит любому пользователю делать стереофотоснимки на основе обычного смартфона. Это же устройство будет являться базовой основой для будущей разработки 3D-сканера.

Фотокамеры стереоскопического типа выпускались всегда, были представители как в аналоговом виде, со съемкой на фотопленку (рис. 1а), так и в современном цифровом – специальные раздвоенные объективы, идущие в дополнение к обычным фотокамерам (рис. 1б, в).

Последние 10–15 лет мир стремительно переходит на портативные и универсальные устройства – всем уже привычные смартфоны. Для «бытового» применения (для обычного пользователя) более удобным в использовании будет устройство, выполненное в виде дополнения к современным смартфонам. И подобные решения на рынке также имеются – в виде стереонасадок, крепящихся при помощи прищепки на корпус смартфона напротив объектива (рис. 2).



а)



б)



в)

Рис. 1. Стереоскопическая фототехника;

- а) пленочный стереофотоаппарат ФЭД-СТЕРЕО с двумя объективами;
б) сдвоенный объектив LOREO; в) стереоскопический объектив Canon



а)



б)

Рис. 2. Смартфон со стереофотонасадкой:

- а) внешний вид со стороны объектива;
б) вид со стороны экрана смартфона, на экране виден стереофотокадр

Вариант с прищепкой хорош, но обладает двумя существенными недостатками, лишающими его универсальности – общая нестабильность конструкции и отсутствие возможности настройки расстояния между объективами (стереобаза) [1].

Если учитывать технологическое развитие, то современные технологии требуют более компактных и универсальных решений. Нестабильность конструкции можно ликвидировать, заменив простую пружинную прищепку зажимным кронштейном, плотно удерживающимся на смартфоне (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Зажимной кронштейн для смартфона: а) в раздвинутом положении;
б) смартфон, установленный в такой зажим

Получение возможности настройки стереобазы даст значительное преимущество в универсальности применения данного устройства. Обычно расстояние между объективами, как правило, определяют межзрачковым расстоянием человека (в среднем от 55 до 65 мм у взрослого человека и от 40 до 53 мм у детей) [2]. Если посмотреть на задачу шире, учитывая потенциальные применения устройства [3], то увидим, что под большими углами обзора мы получаем заметно больше информации о снимаемом объекте (рис. 4).

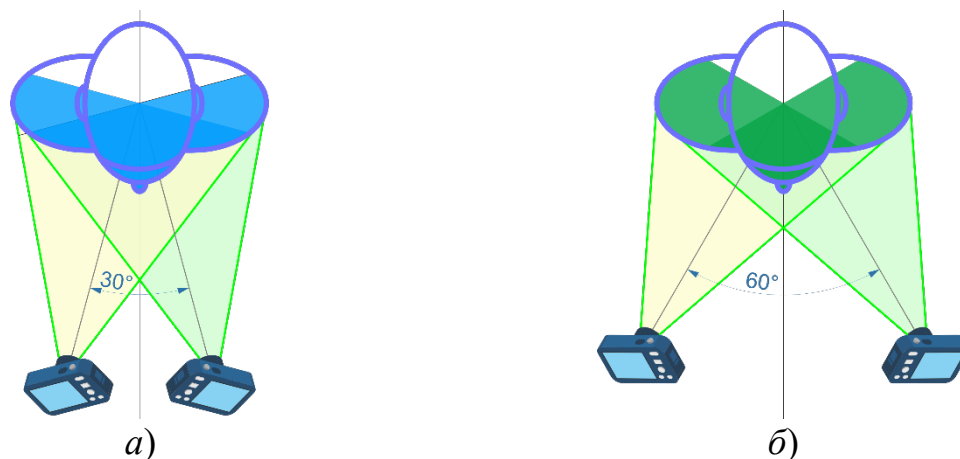


Рис. 4. Площадь объекта, захватываемая стереофотоснимком при разных углах между камерами: а) угол 30° ; б) угол 60°

На рис. 4 заливкой цветом выделена та часть объекта, которая попадает в прямую видимость на кадрах. Видно, что при большем угле (рис. 4б) попадающая в кадр часть объекта больше, чем при меньшем (рис. 4а).

На рис. 4 схема выполнена обобщенно, поэтому расстояние между кадрами для удобства восприятия указано в угловых величинах, но в разрабатываемом устройстве стереобазу, являющуюся ключевым параметром схемы, будем задавать линейными величинами. Перевод из углов в длину производится по известной задаче решения треугольников.

В настоящей работе не были поставлены задачи проектирования и разработки оптического канала и блока электронного управления устройства для передачи снимаемой «картинки» на смартфон, поэтому, чтобы не оставлять соответствующее место на макете устройства пустым, смоделируем их схематичное представление. В качестве камер будем ориентироваться на специальный компактный камерный модуль на печатной плате (OV2640) (рис. 5а), а в качестве управляющей платы – компактную платформу Arduino Nano (43×18 мм) (рис. 5б). На макете все электрические провода будут упущены, но предполагается, что все провода будут располагаться вдоль элементов устройства.



Рис. 5. а) камерный модуль (OV2640); б) компактная платформа Arduino Nano

Максимальную величину стереобазы ориентируем большей, чем межзрачковое расстояние человека, но, для удобства и компактности устройства ограничим не сильно превышающим ширину современного смартфона [4]. Установим величину стереобазы равной 20 см. При необходимости стереобазу можно удлинить, просто заменив имеющуюся направляющую на более длинную. На рис. 6 показан эскиз схемы устройства.

Немного отходя от темы, можно сделать ремарку. У автора настоящей работы, а также у ее коллег, при просмотре схемы из рис. 6 «заиграл» эффект парейдолии (зрительная иллюзия, при которой в абстрактных неодушевленных объектах или узорах человек видит знакомые ему лица и фигуры). И действительно, «рога» с камерами на схеме чем-то напоминают глаза улитки (рис. 7), поэтому наделим нашу схему запоминающимся названием – «Глаза Улитки».

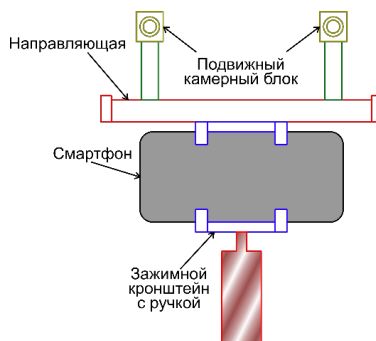


Рис. 6. Эскиз схемы устройства, названного «Глазами Улитки» и позволяющего делать стереофотоснимки на основе обычного смартфона

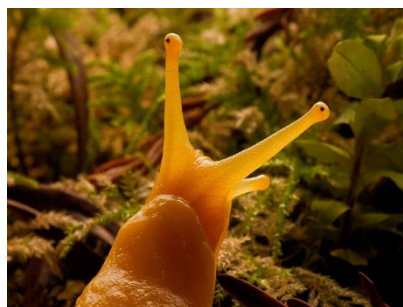


Рис. 7. Глаза улитки

В качестве среды разработки и моделирования конструкции устройства выбрана программа отечественной разработки КОМПАС-3D. По схеме из рис. 6 средствами КОМПАС-3D были смоделированы все составляющие устройства. Зажимной кронштейн смоделирован на основе примера из рис. 3, на нем закрепляется смартфон. Направляющая соединяется с зажимом с помощью стандартного штативного винта (винт 1/4 дюйма). Направляющая, как уже было сказано ранее, длиной 20 см, в сечении имеет форму, подобную конструкционному профилю, благодаря этому, камерный блок будет прочно на ней закреплен. На краях направляющей крепятся ограничивающие заглушки. В паз направляющей устанавливается пара камерных блоков на поворотных ножках. Камерные блоки имеют возможность двигаться вдоль длины направляющей, а также возможность настройки угла поворота. Управляющая плата (рис. 5б) может быть установлена с тыльной стороны зажимного кронштейна. Как уже было упомянуто ранее, на макете все электрические провода упущены, но предполагается, что в будущем, провода, выходящие из каждого камерного блока, будут прокладываться вдоль направляющей и уходить напрямую в плату управления (рис. 5б). А уже из нее выводится кабель, который будет подключаться непосредственно в разъем питания смартфона. Внешний вид сборочной единицы, полученной средствами 3D моделирования, а также при помощи специальных команд сопряжения в КОМПАС-3D, показан на рис. 8.

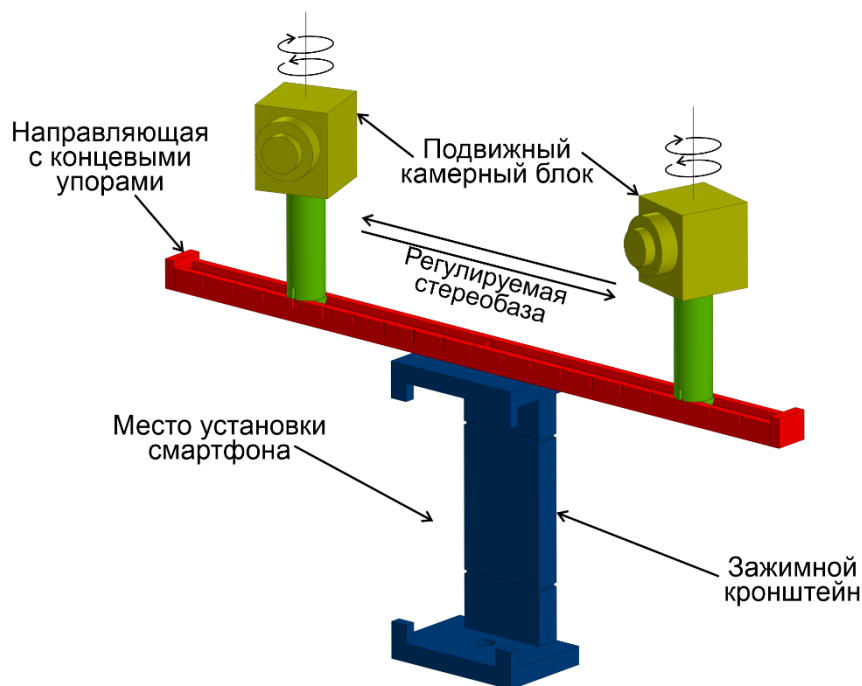


Рис. 8. Макет устройства по схеме «Глаза Улитки»

По разработанному макету можно подчеркнуть высокий потенциал развития разрабатываемого устройства получения стереофотографий при помощи современного смартфона. В дальнейшей работе необходимо спроектировать и разра-

ботать оптический канал и блок электронного управления устройством. В конечном итоге, планируется доведение такого устройства до уровня 3D-сканера, который, как было показано в [5, 6], может быть применен даже в разработке голографического телевидения – для получения цифровых 3D-образов реальных объектов с частотой кадровой развертки современного телевидения, а это в свою очередь, уже является передним краем современной науки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Как снимать стереопары [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.stereoart.ru/paper/p0006.html> (дата обращения: 01.11.2025).
2. Что такое межзрачковое расстояние? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.linzy.ru/otvety-na-voprosy/chto-takoe-mezhzhachkovoe-rasstoyanie.htm> (дата обращения: 01.11.2025).
3. Шойдин С. А. Дифракция волнового фронта на паттерне, сформированном структурированным светом / С. А. Шойдин, А. Л. Пазоев // Оптический журнал. – 2025. – Т. 92. – № 3. – С. 32–39. <http://doi.org/10.17586/1023-5086-2025-92-03-32-39>.
4. Сравнение размеров сотового телефона [Электронный ресурс] // Zebra Imaging, Inc. – Режим доступа: https://dzen.ru/a/Y_-m_RyViF3Slkrhx (дата обращения: 01.11.2025).
5. Shoydin S. A. Structured Light Patterns Work Like a Hologram / S. A. Shoydin, A. L. Pazoev // Applied Sciences. – 2023. – V. 13. – № 6. – P. 4037. <https://doi.org/10.3390/app13064037>.
6. Шойдин С. А. Фундаментальное противоречие в создании голографического телевидения преодолено, постановка прикладных задач / С. А. Шойдин, А. Л. Пазоев // Оптический журнал. – 2026 (в печати).

© Е. А. Максимова, 2026

Д. И. Исаков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО RC-МОДЕЛИЗМА

Творчество и досуг человека неразрывно связаны, а заставить какую-нибудь рукотворную вещь двигаться, не трогая ее руками – мечта многих. Так можно описать RC-культуру (Remote Control – дистанционное управление).

Идея сделать некоторый беспилотный аппарат в целях развлекательного досуга в нашей стране была реализована еще в СССР (рис. 1), развивалась, как и во всем мире, и актуальна по сей день, но в наши дни она приобрела новые «более уточненные» черты.



Рис. 1. Примеры беспилотных моделей из СССР

Как можно заметить из фотографий выше, моделизму были подвластны все стихии: небо, земля и вода. В наше время степень их распространения и утилитарности расширилась и некоторые отрасли поражают своей технологичностью, давно вышедшей за рамки игрушек: беспилотные самолеты, летающие около границы стратосферы на «маховых» скоростях, подводные аппараты, погружаемые в глубины морей и океанов (рис. 2). Направление, о котором пойдет речь – автомоделки, не уступающие своими конструктивными особенностями шасси настоящим автомобилям.



Рис. 2. Примеры современных RC-моделей:
 верхний ряд – автомодель; модель подводного аппарата;
 внизу – модель самолетного типа

Автомоделизм делится на разные направления со своими особенностями, в зависимости от автоспорта, на который опирается: неуловимый Touring, копияное Trophy, великолепное Rally, стильный Drift (рис. 3).

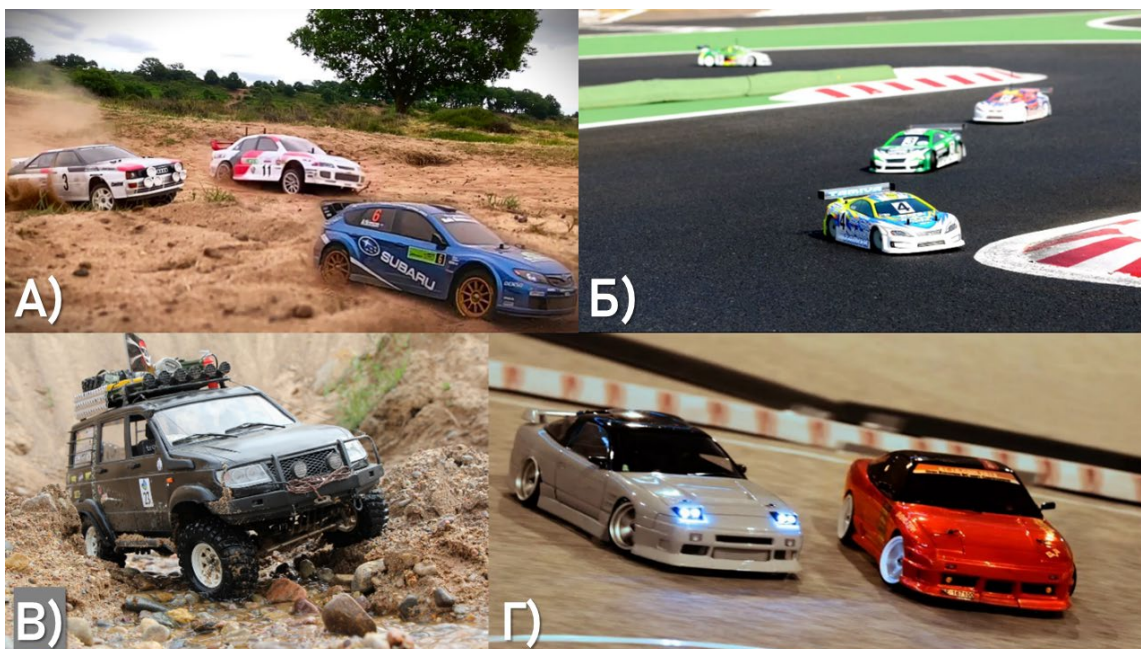


Рис. 3. Примеры 4-х типов RC-автомобилей:
 а) Rally (Ралли); б) Touring (Туринг – Кузовные Автогонки);
 в) Trophy (Трофи – заезды по труднопроходимой местности с препятствиями, с особой точностью, но на скорость); г) – Drift (Дрифт – прохождение трека в управляемом заносе с выполнением судейского задания)

Радиоуправляемые автомобили в наше время – сильно развитое направление, многие в этом хобби занимаются кастомом (от англ. custom – изготовленный на заказ), каждый пилот, вне зависимости от дисциплины выступления, дорабатывает, настраивает, переделывает свою модель под себя: кто-то настраивает, кто-то работает с кузовом, кто-то меняет запчасти на аналоги из другого материала, кто-то переделывает узлы на самодельные, кто-то собирает модель по кусочкам из разных комплектующих других моделей, а кто-то разрабатывает и моделирует их сам и претворяет в жизнь.

Одним из основных инструментов в сфере моделирования у многих умельцев является программа отечественной разработки КОМПАС-3D (рис. 4), в которой люди чертят, моделируют, разрабатывают свои модели и готовят к последующей печати или фрезеровке.

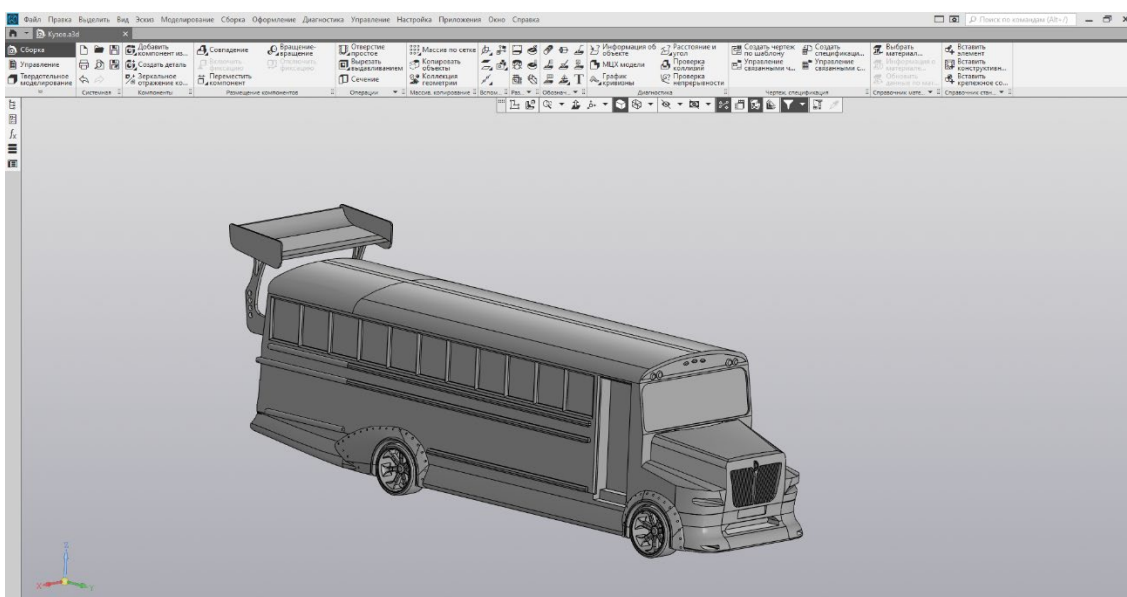


Рис. 4. Схематичный пример модели кузова в Компас-3D

Процесс «От идеи до удовольствия» включает в себя следующие этапы:

- человек ловит себя на мысли, что уже существующие решения его не устраивают;
- параллельно с замерами комплектующих производится моделирование и подготовка модели/комплектующих к 3D-печати/фрезеровке;
- по заданным программам печатаются детали, вытачиваются запчасти, фрезеруются рамы, подбираются расходники, все собирается вместе и подгоняется по месту;
- доведенная до эксплуатационного состояния модель настраивается и подготавливается перед первым запуском;
- готовая модель запускается для проверки навыков пилота и получения удовольствия от процесса.

Долгое время наиболее развито направление RC-моделизма было в США, но со временем подключилась, Россия, Япония и другие страны. В каждой стране свои сообщества, свои более или менее развитые отрасли: американцы делают упор на Drag-racing (Драг-рейсинг), как на электро, так и на нитрометановой тяге, большинство моделей избыточно мощные, нацеленные на стиль езды «Баш»/«Башинг» (упор на зрелищность, высокие обороты двигателя, разрушительные модели, воздушные пируэты на трамплинах). В России особое внимание уделяется точности управления, внешнему виду, балансу управляемости и скорости модели, особенно развита кастом-культура, хотя отечественного производства запчастей нет. За счет размеров нашей необъятной страны, каждый из стилей управления и типов моделей присутствует в той или иной степени, в некоторых местах. В Японии, в основном, развит Drift и Trophy, при этом, первый тип настолько заинтересовал Японцев, что они сами производят большое количество шасси, электроники и являются лидерами в этой дисциплине, в Trophy же аналогично есть свои особенности: у них идет упор на плавность, сдержанность, копийность (рис. 5–10).



Рис. 5. Примеры Американских моделей



Рис. 6. Примеры отечественных Trophy-моделей



Рис. 7. Примеры отечественных Drift-моделей



Рис. 8. Примеры отечественных Rally-моделей



Рис. 9. Примеры отечественных Touring-моделей



Рис. 10. Примеры Японских Drift и Trophy моделей

Каждый тип моделей имеет свои особенности:

– Trophy имеют высокую проходимость и детализацию, не заточены под скорость, но имеют много крутящего момента, в основном, на мостах, полном приводе, некоторые с раздаточными и понижающими коробками.

– Drift особенно внимателен к рулевому механизму, работе подвески и использует пластиковые покрышки, для скольжения с использованием меньшего крутящего момента, но с высокими оборотами, модели здесь делятся на «боевые» и «стендовые», одни участвуют в заездах и имеют следы эксплуатации, другие безупречны и нетронуты.

– Touring класс обширен масштабами и вариациями как моделей, так и кузовов, влияющих на аэродинамику, и покрытий. Здесь на высоких скоростях проходятся невероятные виражи, иногда за моделями сложно успеть уследить даже глазами, но и аварии на таких скоростях фатальны.

– в Rally нетронутые модели не встретишь, ведь суровые условия переменного покрытия не щадят модели пилотов, с точки зрения навыков данная дисциплина требовательней всех: надо быть быстрее, иногда прибегая к заносу, иногда цепляясь изо всех сил, а иногда паря в воздухе, да и с технической точки зрения нужен компромисс между надежностью и проходимостью Trophy, управляемостью Drift'a в заносе и легкостью и скоростью в поворотах Touring'a.

В качестве примера, был выполнен ряд проектов, находящихся на различных стадиях разработки и требующих оригинальных инженерных решений, а также создания и производства собственных комплектующих.

Первый проект – отечественное гибридное мульти-классовое шасси.

Суть заключается в разработке шасси, когда при смене амортизаторов, их стоек, колес и нескольких мелочей переходит из Ралли в Трофи, из Трофи в Туринг, из Туринга в Дрифт. В нашей стране особенно развита кастом-культура, но своих производителей серьезных моделей нет.

Второй проект – Газ-21И «Волга» в масштабе 1/24 на РУ (радиоуправление) с высокой копийностью и использованием кузова от журнала «Hachette» (рис. 11).



Рис. 11. Газ-21И «Волга» из журнала «Hachette»

Масштабная модель ГАЗ-21И «Волга», полученная из журнальной серии «Nachette», рассматривается в качестве основы для создания радиоуправляемой модели. Планируется реализация подвижности модели путем адаптации и переработки шасси радиоуправляемой модели WLtoys 284131 (рис. 12).

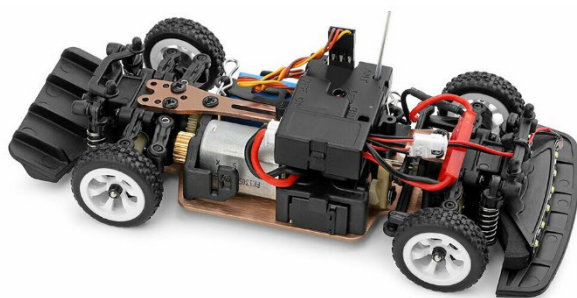


Рис. 12. Шасси от радиоуправляемой модели WLtoys 284131

И третий проект – ГАЗ-3102 «Волга» в масштабе 1/3–1/4 имеющее полностью металлическое шасси и ДВС (двигатель внутреннего сгорания).

Данный проект не имеет аналогов, по своей сути уникален, невероятно сложен, но в этом и нюанс: проект на этапе идеи, т. к. масштабирование полноценной машины без отклонений невероятно сложно, да, КПП (коробка переключения передач) не будет, но ДВС все еще надо разработать.

Следует отметить, что базовой основой большинства проектов в рассматриваемой области являются процессы инженерного начертания, трехмерного моделирования, расчетов и последующего тестирования в специализированных программных средах. В российской практике одной из наиболее распространенных систем является КОМПАС-3D.

Развитие подобных проектов рассматривается как один из возможных факторов популяризации инженерного интереса к автомобилестроению, в том числе среди молодого поколения. Разработка отечественного радиоуправляемого шасси может рассматриваться как демонстрация инженерного и производственного потенциала в данной области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. МОДЕЛИСТ–КОНСТРУКТОР – Официальный сайт журнала [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://modelist-konstruktor.press/> (дата обращения: 01.11.2025).
2. RC DRIFT – DRIVE2 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/61770> (дата обращения: 01.11.2025).
3. Официальный сайт САПР КОМПАС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/> (дата обращения: 01.11.2025).

© Д. И. Исаков, 2026

К. Д. Антонников, К. Д. Кайгородов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ВИРТУАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ ARTHISTORY

Сегодня виртуальная реальность и передовые технологии становятся ключевыми инструментами в образовании и культурной сфере. Проект «Виртуальный музей» создает новое цифровое пространство, где пользователи могут погружаться в атмосферу выставок прямо с экрана своего устройства. На базе Unreal Engine реализуются не только виртуальные туры, но и глубокое интерактивное взаимодействие с экспонатами, позволяющее получать знания в более увлекательном и практичном формате.

Современные технологии в жизни музеев

Бурное развитие цифровых технологий заметно меняет привычный облик музеев и открывает перед ними новые горизонты. Сегодня культурным учреждениям важно не просто хранить коллекции, но и уметь интегрировать инновации, чтобы оставаться актуальными и понятными современному посетителю.

Оцифровка фондов стала для многих музеев уже не трендом, а нормой. Создаются масштабные цифровые архивы с качественными изображениями экспонатов, подробными описаниями и историческими справками. Это не только помогает сохранить ценные объекты, но и делает их доступными миллионам людей по всему миру – буквально в один клик.

Для удобства гостей музеи активно внедряют мобильные приложения и интерактивные сервисы. С их помощью можно узнать больше о понравившихся экспонатах, построить персональный маршрут по залам, а иногда – погрузиться в игру или квест, превращая обычную экскурсию в увлекательное приключение. Тем, кто не имеет возможности посетить музей лично, учреждения предлагают онлайн-курсы, стриминговые лекции и виртуальные программы. Такой формат расширяет аудиторию и помогает по-новому взглянуть на культурное наследие, делая его ближе и понятнее.

Однако успешное внедрение технологий невозможно без подготовки сотрудников. Персоналу требуется постоянное обучение, чтобы уверенно работать с новыми инструментами, создавать качественный цифровой контент и поддерживать высокие стандарты современного музейного опыта.

Платформа предлагает интерактивный формат взаимодействия: пользователи свободно перемещаются по тематическим секциям и залам, где собраны разнообразные экспонаты, могут рассматривать их со всех сторон и получать дополнительные текстовые и аудиоматериалы.

Особая ценность ArtHistory – возможность «перенестись» в эпоху, к которой относятся представленные объекты, и увидеть контекст их существования. Такая форма погружения создает уникальный эффект присутствия и помогает лучше понять культуру прошлого.

Технологии виртуальной реальности открывают новые возможности для сохранения и популяризации культурного наследия, делая его доступным независимо от местоположения посетителей. Это особенно актуально в условиях ограничений – будь то пандемии, расстояние или отсутствие возможности посетить реальные музеи.

Виртуальные музеи также дают простор для создания экспозиций, которые в физическом пространстве реализовать сложно или вовсе невозможно. Они позволяют объединить артефакты из разных стран в единой виртуальной среде, создавая по-настоящему уникальные коллекции и формируя перспективное направление развития музейной сферы.

Что делаем Arthistory уникальным

Виртуальный музей ArtHistory предлагает ряд преимуществ по сравнению с обычными музеями и выставками. Его может посетить любой человек, где бы он ни находился, ведь доступ не ограничен расстоянием. Виртуальная среда позволяет не только рассматривать экспонаты, но и взаимодействовать с ними, получать дополнительные сведения и изучать материалы в удобном формате.

Благодаря использованию Unreal Engine музей достигает высокой детализации и создает эффект присутствия, близкий к реальному посещению. Кроме того, цифровая форма помогает сохранять редкие и хрупкие произведения искусства, защищая их от повреждений.

Разработка и оформление секций и уровней в виртуальном музее Arthistory

В процессе разработки виртуального музея возникла необходимость структурировать большой объем контента, поэтому была введена система секций. В итоге музей получил три ключевые секции: «История», «Доисторический мир» и «Галерея».

Секция «История» посвящена значимым событиям и эпохам, которые сформировали ход развития человечества. Среди уже реализованных уровней – интерактивная сцена «Строительство Санкт-Петербурга при Петре I» [5] [6], позволяющая погрузиться в эпоху первых лет возведения города.

Секция «Доисторический мир» знакомит посетителей с животными, населявшими Землю задолго до появления человека. Она стала одной из самых масштабных в разработке: на ее создание ушло около двух месяцев. В результате были построены тематические комнаты, каждая из которых посвящена определенному виду. На данный момент доступны уровни:

- Плезиозавр,
- Тираннозавр,
- Птеродактиль,
- Брахиозавр,
- Мамонт,
- Саблезубый тигр,
- Саблезубый тигр (сюжетный уровень).

Секция «Галерея» объединяет произведения искусства, скульптуры, архитектурные объекты, музыкальные фрагменты и другие элементы культурного

наследия. Здесь собраны экспонаты, которые в реальности трудно или вовсе невозможно увидеть, что делает виртуальный формат особенно ценным.

Такая система секций помогает пользователям легко ориентироваться в разнообразии материалов и формирует целостное, логичное пространство виртуального музея [1].



Рис. 1. Плезиозавр



Рис. 2. Тираннозавр



Рис. 3. Мамонт



Рис. 4. Строительство Санкт-Петербурга

Были применены технологии Blueprint для реализации системы быстрого перемещения по музею и доступа к информационной карте [2].

Также были применены Niagara system для реализации систем частиц, таких как, например, снег и огонь [3].

Для нахождения различных объектов и материалов был использован плагин Quixel Bridge Plugin [4].

Заключение

При разработке проекта виртуального музея на платформе Unreal Engine ставилась задача создать пространство, которое объединяет искусство, культуру и современные технологии. Такой музей не только открывает доступ к материалам для широкой аудитории, но и позволяет взаимодействовать с произведениями искусства в интерактивной форме. Это делает процесс изучения более увлекательным и дает пользователям новые впечатления и знания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Epic Games. Datasmith. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.unrealengine.com/en-US/datasmith> (дата обращения: [30.10.2025]).
2. Epic Games. Programming and Scripting Blueprints. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/> (дата обращения: [30.10.2025]).
3. Epic Games. Niagara Overview. [Электронные ресурсы]. Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/overview-of-niagara-effects-for-unreal-engine> (дата обращения: [30.10.2025]).
4. Epic Games. FAB for Unreal Engine. [Электронные ресурсы]. Режим доступа: <https://www.fab.com/channels/unreal-engine> (дата обращения: [30.10.2025]).
5. Статья: Первые строители Петербурга. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://spbu.ru/news-events/universitet-v-smi/pervye-stroiteli-peterburga-kem-oni-byli-otkuda-priekhali-chto-eli-i?ysclid=micxxfnrb4704054667> (дата обращения: [20.09.2025]).
6. Статья: Луппов С. П. История строительства Петербурга первой четверти XVIII века. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://imwerden.de/pdf/lupпов_istoriya_stroitelstva_peterburga_xvii_veka_1957.pdf (дата обращения: 20.09.2025).

*Научный руководитель - ассистент каф. ПИиИС Головачев Н. С.
© К. Д. Антонников, К. Д. Кайгородов, 2026*

Л. Л. Ибраева

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №167 с углубленным изучением отдельных предметов»

СИСТЕМА ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ КУЛИНАРИИ

Цель проекта: смоделировать формочки для зефира в системе трехмерного проектирования, распечатать их на 3D-принтере, подобрав безопасный материал.

Задачи проекта:

- изучить историю зефира, рецептуру и способы приготовления;
- познакомиться с историей создания 3D-принтеров и их современными моделями;
- рассмотреть системы для 3D-проектирования;
- при помощи системы трехмерного проектирования начертить эскизы формочек;
- изучить образцы пластика для 3D-печати, выбрать безопасный;
- распечатать на 3D-принтере удачные образцы формочек;
- применить формочки для изготовления зефира;

Объект исследования: моделирование на 3D-принтере.

Предмет исследования: печать формочек для зефира на 3D-принтере.

Методы исследования: изучение информации по теме, отбор и систематизация материала, применение полученной информации на практике, обобщение и выводы.

Гипотеза: действительно ли при помощи 3D-принтера можно изготовить безопасные для здоровья формочки для зефира и использовать их в быту.

Практическая часть заключалась в следующем.

На первом этапе создание 3D-модели. Есть масса решений: от бесплатных с открытым кодом вроде OpenSCAD или SketchUp до платных суперфункциональных AutoCad и SolidWorks. Для создания проектируемых моделей использовался Компас 3Д.

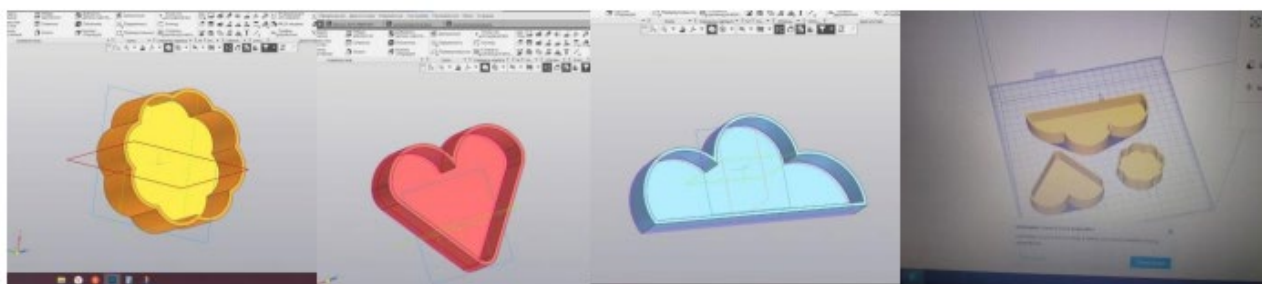


Рис. 1. 3D-модель проектируемых форм

Следующий этап – это объяснить исполнительному механизму, что нужно делать. Для этого STL-файл прогоняется через так называемый слайдер. Это программа, которая нарезает вашу 3D-модель на тонкие слои. Это может быть встроенная программа в САD-систему или отдельное ПО: Cura, Slic3r и Repetier и так далее. После отправляем команду на принтер, получаем готовую модель. Используем форму по назначению.

В качестве основного материала был выбран PLA – пластик, так как сырьем для производства PLA пластика является кукурузный крахмал (но также можно найти сорта сахарного тростника и тапиоки), что делает его биоразлагаемым. Это простой материал для 3D-печати, при нагреве выделяет приятный сладкий аромат.

PLA пластик – экологичный, биоразлагаемый, возможен контакт с пищевыми продуктами, твердый, прочный, малая степень усадки, высокое качество поверхности.



Рис. 2. Готовые изделия

№	Последовательность выполнения работ	Инструменты и приспособления
1	2	3
1	Изготовить в 3D компасе формочку	Приложение 3D компас
2	Сохранить модель как *.stl	Файлы
3	Переместить модель формы в программу для распечатки 3д моделей	Ultimaker
4	Поставить форму на распечатку в 3D принтере	3D принтер
5	Достать формочку из 3 D принтера и проверить, что она распечаталась	3D принтер

Рисунок 3. Технологическая карта по изготовлению 3D формочек

В данном проекте был проведен анализ форм для изготовления зефира, технологии их изготовления, безопасность форм в зависимости от технологии, конструкции и свойств материала. Возможность разработки собственного дизайна зефира, при помощи 3D моделирования и 3D печати.

По итогам работы сделали следующие выводы:

- при помощи 3D-принтера можно изготовить безопасные для здоровья формочки для зефира и использовать их в быту;
- любая система трехмерного проектирования требует определенных умений и навыков работы;
- PLA – экологически чистый материал, пригоден для изготовления пищевых форм, наиболее популярен при выборе для 3D- печати в домашних условия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. История 3D-печати: от идеи к первым опытам и настоящему [электронный ресурс] – RLD: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/798989/>
2. Каким бывает зефир. Все виды зефира [электронный ресурс] – RLD:<https://confaelshop.ru/blog/zefir/kakim-byvaet-zefir-vse-vidy-zefira/>
3. 3D-моделирование: виды, принципы, инструменты [электронный ресурс] – RLD: <https://gb.ru/blog/3d-modelirovanie/>
4. Ярмарка мастеров [электронный ресурс] – RLD:<https://www.livemaster.ru/item/44577246-materialy-dlya-tvorchestvasilikonovaya-forma-dlya-zefira-i-s>

© Л. Л. Ибраева, 2026

Т. С. Шевцова, К. С. Мильникова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ТЕСТИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ UNREAL ENGINE ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗАТЕНЕННОСТИ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Планирование устойчивого развития городской среды требует анализа таких параметров, как затененность территорий, которая напрямую зависит от растительности. Современные средства визуализации, такие как Unreal Engine, позволяют создавать детальные цифровые двойники для такого анализа. Однако, критически важным является вопрос производительности при работе с огромным количеством объектов. Данное исследование нацелено на практическую проверку жизнеспособности подхода к моделированию в Unreal Engine на примере небольшого района.

Методика построения тестовой сцены

Процесс подготовки данных и построения виртуальной среды был разделен на несколько этапов.

Первый этап – импорт геоданных и создание базовой сцены. Исходные данные о планировке и контурах зданий выбранного района были получены с использованием бесплатного дополнения BlenderGIS для Blender (рис. 1). Данный инструмент позволяет напрямую загружать данные OpenStreetMap, включая векторные контуры зданий и рельеф местности [2]. На их основе были созданы упрощенные модели зданий в виде кубоидов, точно соответствующих реальным габаритам и расположению.



Рис.1. Модели зданий в виде кубоидов

Затем следует перенос моделей в Unreal Engine и текстурирование. Подготовленные модели вместе с плоскостью, на которую был наложен спутниковый снимок местности (например, из сервисов Google или Bing Maps), были экспор-

тированы в Unreal Engine [4]. Спутниковый снимок служил основой для точного позиционирования объектов и обеспечивал высокий уровень визуальной достоверности (рис. 2).

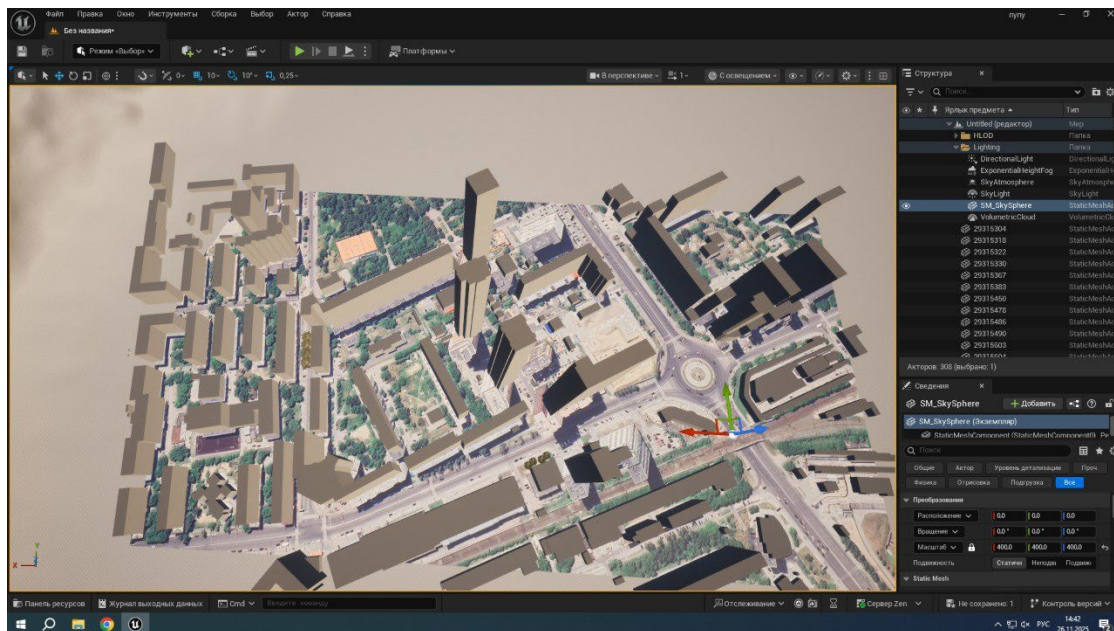


Рис.2. Перенос модели в UE

Заключительная фаза – размещение растительности. На текущей стадии развития проекта, размещение моделей деревьев осуществлялось вручную непосредственно в редакторе Unreal Engine. Позиционирование выполнялось в соответствии со спутниковым снимком, где кроны деревьев и зоны озеленения четко идентифицируются. Для тестирования использовался один или несколько высокополигональных ассетов деревьев из Marketplace или Quixel Megascans (рис. 3) [1].

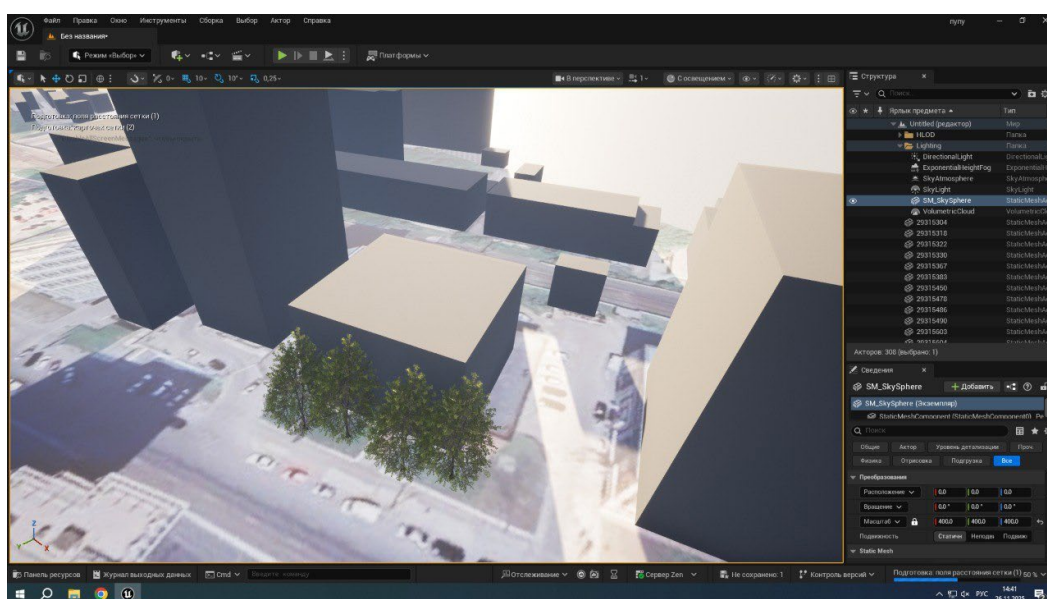


Рис.3. Размещение моделей деревьев в редакторе

Сравнительный анализ производительности LOD и Nanite

Для оценки производительности были созданы две идентичные копии сцены, в которых для одних и тех же моделей деревьев были использованы разные методы оптимизации рендеринга.

Конфигурация LOD: для моделей деревьев были настроены традиционные уровни детализации (Level of Detail). Были созданы упрощенные меши с уменьшающимся количеством полигонов, которые подключались на определенных расстояниях от камеры.

Конфигурация Nanite: модели деревьев были импортированы с активированной опцией Nanite. Данная технология автоматически генерирует виртуальную геометрию, динамически подгружая необходимый уровень детализации без создания заранее подготовленных LOD [3].

Тестирование проводилось на ПК с видеокартой GTX 1050 и процессором i5-7400 с 4-мя ядрами. Для оценки использовался встроенный инструмент профилирования Unreal Engine (Stat Unit, Stat FPS).

Результаты

Результаты замеров производительности показали четкое преимущество технологии Nanite для данного типа сцены.

Производительность (FPS): в конфигурации с Nanite средняя частота кадров была стабильно на 25-30% выше, чем в сцене с традиционным LOD.

Стабильность (Frame Time): время отрисовки кадра в сцене с Nanite было менее подвержено резким пикам (просадкам), которые наблюдались в LOD-сцене при быстром перемещении камеры, вызывающем резкую смену уровней детализации.

Визуальное качество: Nanite обеспечивал плавный, без «popping» эффектов, переход между уровнями детализации, в то время как в LOD-сцене переключение между уровнями иногда было заметно невооруженным глазом [5].

Полученные данные подтверждают, что Nanite не только выигрывает в производительности, но и обеспечивает более высокое и стабильное визуальное качество для большого количества мелких, сложных объектов, какими являются деревья.

Заключение и перспективы

Проведенная работа демонстрирует, что предложенная методика позволяет эффективно создать работоспособную модель городской территории в Unreal Engine. Сравнительный анализ технологий LOD и Nanite доказывает, что движок не только корректно отображает массивы данных, представленные тысячами экземпляров растительности, но и делает это с высокой производительностью при использовании современных инструментов рендеринга.

Это является веским основанием для утверждения, что Unreal Engine пригоден для реализации проектов по визуализации и анализу затененности на масштабах целого города.

В качестве перспектив развития проекта выделяются:

– замена кубоидов на точные 3D-модели зданий, полученные путем фотографии или из открытых источников.

– разработка или использование существующих плагинов (например, с использованием Houdini Engine) для процедурного размещения деревьев на основе классификации спутниковых снимков, что исключит трудоемкий ручной процесс.

– интеграция инструментов для автоматизированного расчета инсоляции, площади затенения и других урбо-экологических показателей непосредственно внутри виртуальной среды.

Таким образом, Unreal Engine подтверждает свой статус не только как платформа для игр, но и как производительная среда для научно-прикладных исследований в области урбанистики и визуализации данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

7. Epic Games. Unreal Engine 5.2 Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/5.2/>

8. Karachev, I. A. Methods of Urban Area Digital Modeling for Visual Analysis in Unreal Engine 5 / I. A. Karachev, S. V. Petrova // Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Machine Vision (GraphiCon'2023). – 2023. – P. 45–49.

9. Lacewell, D. Profiling & Optimizing Your Unreal Engine Project / D. Lacewell [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.gdcvault.com/play/1027213/Profiling-Optimizing-Your-Unreal>

10. BlenderGIS Add-on Official Repository [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/domlysz/BlenderGIS>

11. Семенов, В. П. Технологии виртуальной реальности в градостроительном проектировании / В. П. Семенов, А. К. Иванова // Цифровая обработка сигналов и ее применение. – 2021. – Т. 23, № 4. – С. 78–83.

*Научный руководитель – ассистент кафедры ПИиИС Головачев Н. С.
© Т. С. Шевцова, К. С. Мыльникова, 2026*

В. З. Бальжинимаева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КЛАССА

Современное образование в области молекулярной биологии и генетики требует не только глубоких теоретических знаний, но и уверенных практических навыков работы со сложным и дорогостоящим оборудованием. Однако доступ к реальным лабораториям часто ограничен. Виртуальные лаборатории и цифровые симуляторы становятся эффективным решением данной проблемы. Данный проект нацелен на создание библиотеки точных 3D-моделей ключевых приборов для их последующей интеграции в интерактивный виртуальный лабораторный класс на платформе Unreal Engine.

Влияние современных технологий на образование

С развитием технологий образовательные учреждения сталкиваются с новыми вызовами и возможностями в области практической подготовки студентов. Многие университеты начали внедрять виртуальные лабораторные практикумы, создавая цифровые модели реального оборудования. Это позволяет не только экономить ресурсы, но и сделать дорогостоящее оборудование доступным для широкого круга студентов.

Для удобства обучения разрабатываются специализированные программные комплексы. С помощью таких систем студенты могут отрабатывать методики проведения экспериментов, изучать устройство приборов и получать мгновенную обратную связь, что делает образовательный процесс более эффективным.

Эти технологические решения открывают возможности для создания адаптивных систем обучения. Встроенная аналитика может отслеживать действия студента, идентифицировать типичные ошибки и автоматически предлагать дополнительные тренировочные модули, обеспечивая тем самым персонализацию образовательной траектории для каждого обучающегося.

Обоснование выбора методов и технологий

Для создания 3D-моделей была выбрана программа SketchUp. Ее ключевыми преимуществами являются низкий порог входа и интуитивно понятный интерфейс, что позволяет быстро приступить к созданию моделей без длительного обучения. Наиболее важным фактором стала совместимость с игровым движком Unreal Engine через плагин Datasmith, который обеспечивает беспрепятственную и качественную передачу моделей, материалов и сцен, сохраняя геометрию и текстуры. Это избавляет от трудоемких процессов повторной обработки и оптимизации моделей, что критично в условиях ограниченных временных ресурсов проекта.

Состав оборудования для моделирования и исходные материалы

Номенклатура создаваемых 3D-моделей была сформирована на основе анализа реальных рабочих процессов в молекулярно-генетической лаборатории.

Моделирование строго основывалось на изучении технической документации и паспортов устройств для обеспечения максимального соответствия реальным прототипам.

Были созданы модели следующих ключевых приборов и компонентов:

Многофункциональная высокопроизводительная центрифуга 1248R применяется для быстрого разделения различных образцов в лаборатории за счет использования центробежной силы. Она применяется для широкого спектра задач, таких как: выделение плазмы из крови, биохимические анализы, осаждение частиц. Ключевые моделируемые элементы: ротор, пробирки, механизм закрытия крышки, внутренний приводной вал (рис. 1) [1].



Рис.1. Многофункциональная высокопроизводительная центрифуга 1248R

Микроспектрофотометр Nano 500 используется для быстрого и точного измерения концентрации нуклеиновых кислот (ДНК/РНК) и белков, а также для определения оптической плотности клеточных суспензий (OD600). Ключевые моделируемые элементы: компактный корпус, измерительный портал, кнопка управления, дисплей [2].

Система для цифровой ПЦР DropDX-2044HT – это оборудование для цифровой капельной ПЦР, которое используется для высокоточного определения и количественного анализа нуклеиновых кислот. Она применяется для обнаружения даже одной молекулы ДНК/РНК в образце, абсолютного измерения концентраций, обнаружения редких мутаций и патогенов, подсчета вариации числа копий генов (CNV), генотипирования и определения уровня экспрессии генов. Модель состоит из двух основных приборов, составляющих единый комплекс (рис. 2) [3].



Рис.2. Система для цифровой ПЦР DropDX-2044HT

Процесс моделирования и результаты

Процесс создания 3D-моделей лабораторного оборудования осуществлялся в несколько этапов с использованием программного обеспечения SketchUp. Моделирование начиналось с анализа технической документации и создания базовых геометрических форм [4].

На первом этапе с помощью базовых инструментов создавались основные контуры будущих моделей (рис.3).

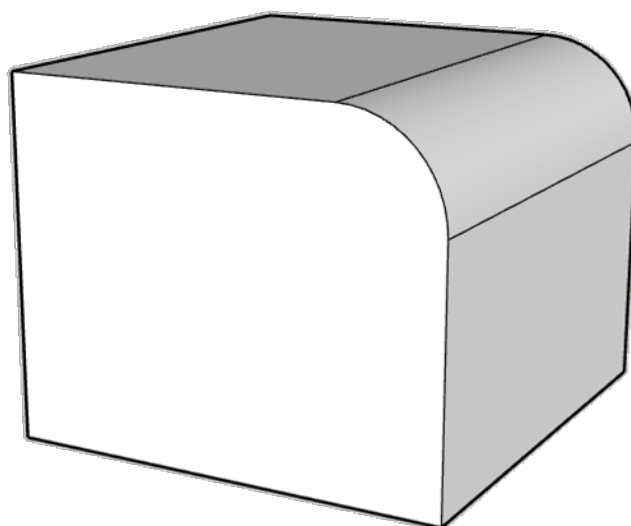


Рис.3. Базовая фигура

Второй этап включал в себя детализацию объекта. Для генератора эмульсии отверстия были созданы элементы перфорации на боковых панелях прибора, регулируемые виброизолирующие опоры, вентиляционные решетки на передней панели, сенсорный дисплей управления (рис. 4).

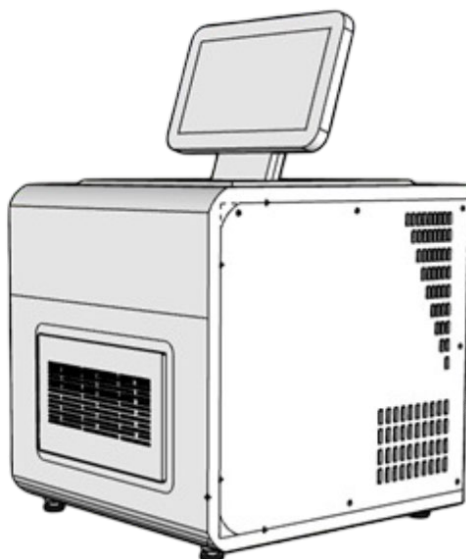


Рис.4. Детализированная модель

На заключительном этапе моделям присваивались материалы и текстуры, в соответствии с технической документацией. С помощью инструмента «импорт» и средств работы с текстурами на модель добавляются информационные надписи и графические дисплеи (рис. 5).

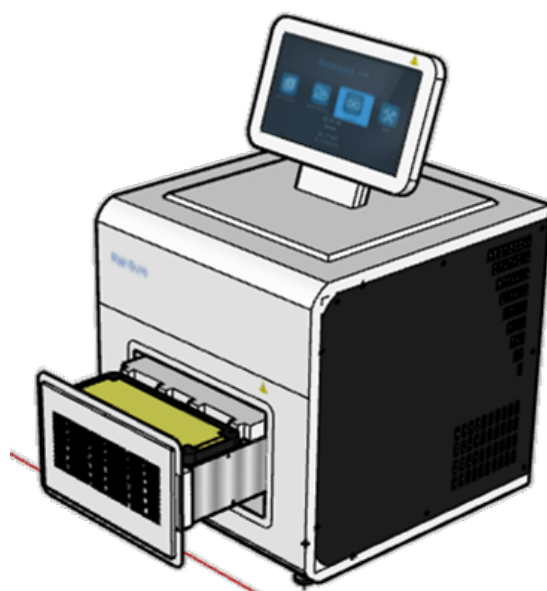


Рис.5. Модель с открытым портом для картриджей

В результате работы была создана библиотека из 3 детализированных 3D-моделей, включающая три основных прибора с их вариациями, два типа роторов и набор пробирок. Все модели сохраняют точные пропорции реальных прототипов и подготовлены для интеграции в виртуальную среду Unreal Engine с сохранением всех материалов и текстур через плагин Datasmith.

Заключение

В ходе разработки виртуальной лаборатории возникла необходимость создания библиотеки точных 3D-моделей ключевых приборов для молекулярно-генетических исследований. Моделирование было строго основано на изучении технической документации и паспортов устройств для обеспечения максимального соответствия реальным прототипам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. USER MANUAL Multi-Purpose, High Speed Centrifuge 1248R/1580R. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://frilabo.pt/wp-content/uploads/2023/11/GZ-1580R_ma_EN_001.pdf?srsltid=AfmBOoorRgM4wCJQew9b42ksL5KyMVjExiBnHL8dPwQ2oo7T75shONET
2. Nano-500 Микроспектрофотометр. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://spb.diam.ru/upload/iblock/73c/rtb9dwq0qhruyh50yuq22wlyuydyqoco/mikrospektrofotometr_nano_500_alsheng_instrukciya.pdf
3. Введение в цифровую ПЦР [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rainsureglobal.com/introduction-to-digital-pcr-v2.html#iocjqv8177j>
4. Обучение работе в SketchUp. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sketchup.distek.ru/resources/articles/obuchenie-sketchup-dlya-nachinayushchikh/>

© В. З. Бальжинимаева, 2026

М. А. Мищенко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

СОЗДАНИЕ СКЕЛЕТНОЙ МОДЕЛИ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ УЧЕБНОГО СИМУЛЯТОРА АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Современные тенденции развития промышленности, в рамках четвёртой промышленной революции, демонстрируют стремительное и повсеместное внедрение систем автоматизации и роботизации. Производственные предприятия, от автомобилестроения до микроэлектроники, всё чаще используют роботизированные комплексы для выполнения операций, требующих высочайшей точности, скорости и повторяемости, таких как сварка, покраска, сборка и паллетизация. Этот переход к адаптивному производству кардинально меняет требования к компетенциям инженерных кадров. В связи с этим студенты технических специальностей должны не только теоретически, но и практически осваивать принципы работы, программирования и эксплуатации робоманипуляторов уже на этапе обучения в вузе, чтобы уверенно ориентироваться в современных производственных технологиях и быть востребованными на рынке труда.

Однако организация практического обучения сопряжена с рядом существенных сложностей и ограничений. Во-первых, промышленные роботы представляют собой дорогостоящее высокотехнологичное оборудование, приобретение и содержание парка которых для учебных целей часто недоступно для многих образовательных учреждений. Во-вторых, такое оборудование требует тщательного регулярного обслуживания и строгого соблюдения мер безопасности. Неправильная настройка, некорректно написанная управляющая программа или ошибка оператора могут привести к дорогостоящему повреждению устройства, выходу из строя оснастки или, что самое критичное, к созданию опасной ситуации для человека-оператора. Кроме того, количество студентов, которые могут одновременно работать на одном физическом манипуляторе, крайне ограничено, что снижает эффективность учебного процесса.

Эффективным и современным решением данных проблем является использование виртуальных симуляторов и цифровых двойников. Они позволяют полностью избежать перечисленных рисков и ограничений. Использование программных моделей робоманипуляторов даёт возможность детально изучать их структуру, отрабатывать основы кинематики, программировать траектории движения и тестировать алгоритмы управления в безопасной, контролируемой виртуальной среде, где любые ошибки не приводят к материальным потерям или угрозе здоровью. Такой подход минимизирует риски и затраты, и максимизирует скорость и качество обучения [3].

Обоснование выбора программного обеспечения

Для успешной реализации проекта по созданию учебного симулятора была выбрана комплексная и широко распространенная в индустрии связка программ-

ных продуктов Blender и Unity. Данный выбор обусловлен их функциональной совместимостью, которая обеспечивает полный и эффективный цикл разработки – от первоначального создания геометрии и её структурной подготовки до финальной интерактивной визуализации и программирования логики поведения в реальном времени.

Blender был избран в качестве основного инструмента для трёхмерного моделирования и риггинга в силу того, что это профессиональная кроссплатформенная среда с открытым исходным кодом, предоставляющая исчерпывающий набор инструментов для всех этапов работы с моделью. Его обширный функционал позволяет не просто создавать детализированные и геометрически точные модели робоманипуляторов, но и грамотно их подготавливать к последующей анимации.

Среда разработки Unity, в свою очередь, была выбрана как гибкая платформа для финальной визуализации, программирования и сборки интерактивного симулятора. Её ключевое преимущество заключается в способности бесшовно импортировать сложные иерархические модели из Blender, полностью сохраняя структуру костей и трансформаций, что делает подготовленный риггинг готовым к использованию непосредственно внутри проекта. На этой основе в Unity становится возможным создание как заранее записанных анимаций, так и, что наиболее важно для симулятора, программного управления моделью в реальном времени через скрипты на языке C#, которые могут вычислять инверсную кинематику или напрямую управлять углами поворота сочленений.

Этапы подготовки модели к анимации

Подготовка модели манипулятора к последующей анимации и интеграции в интерактивный симулятор представляет собой многоэтапный процесс, где каждый шаг имеет критическое значение для обеспечения корректной, предсказуемой и визуально безупречной работы всей кинематической системы в конечном приложении.

Первым и фундаментальным этапом является тщательная проверка геометрии и построение логической иерархии объектов. На этой стадии необходимо убедиться, что импортированная или создаваемая модель логически и структурно разделена на все необходимые подвижные и статические элементы (Рисунок 1), соответствующие реальной конструкции манипулятора [4].

Типичная структура включает в себя такие компоненты, как неподвижное основание, плечевой сегмент, локтевой узел, предплечье, а также комплекс запястья и инструментального модуля, которым может быть захват, сварочная горелка или любой другой технологический инструмент. Крайне важно, чтобы каждый из этих элементов имел корректно размещённую и ориентированную pivot-точку – центр трансформации, вокруг которого будет происходить вращение (Рисунок 2) [5].

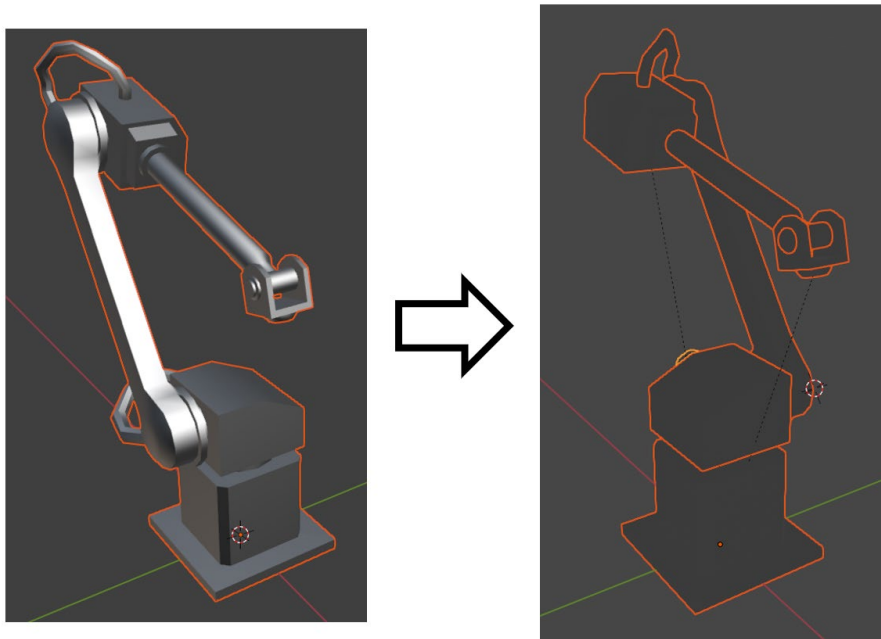


Рис. 1. Разделение готовой модели

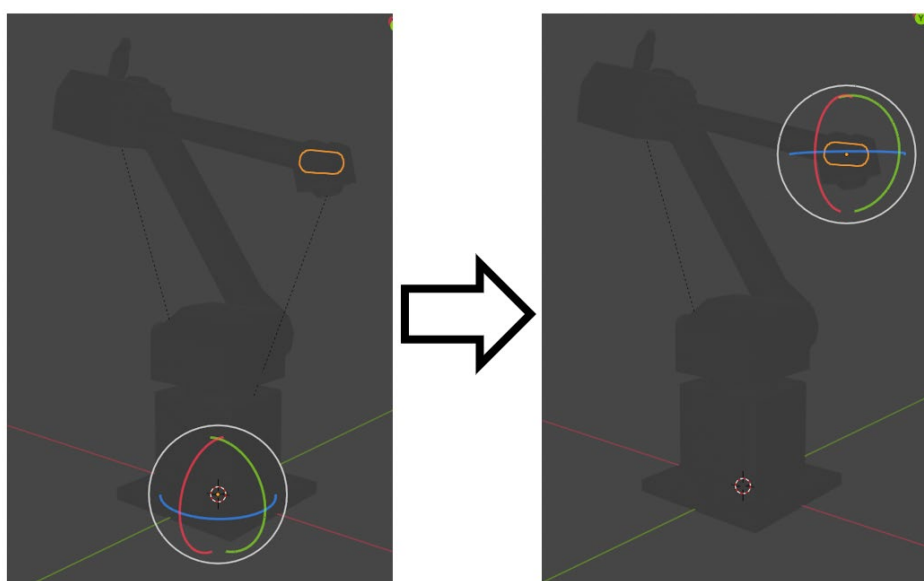


Рис. 2. Корректировка точки pivot

Настройка скелета

После подготовки геометрии и оптимизации модели осуществляется ключевой этап – создание арматуры (armature), представляющей собой виртуальный скелет, состоящий из системы костей, который в точности повторяет кинематическую структуру робоманипулятора. Каждому подвижному сегменту модели, начиная от основания и заканчивая инструментальным захватом, должна быть сопоставлена соответствующая кость (Рисунок 3), что обеспечивает корректную трансформацию сетки при анимации. Для этого используется процесс присвоения весов (weight painting) представленный на рисунке 4, в ходе которого для

каждой вершины mesh-модели определяется степень её влияния от движения той или иной кости, что гарантирует плавные и реалистичные изгибы в местах виртуальных сочленений, исключая появление артефактов и разрывов геометрии при движении [1].

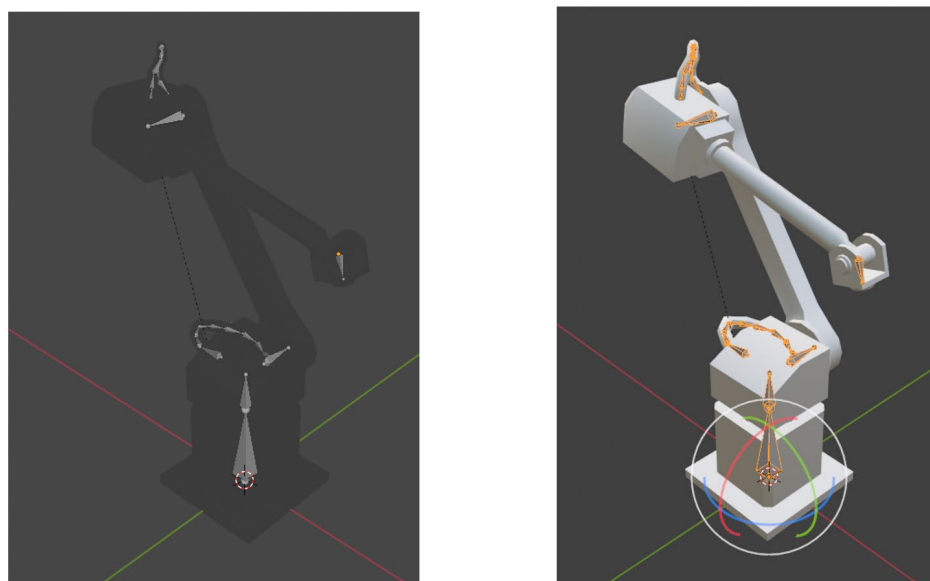


Рис. 3. Скелет робоманипулятора

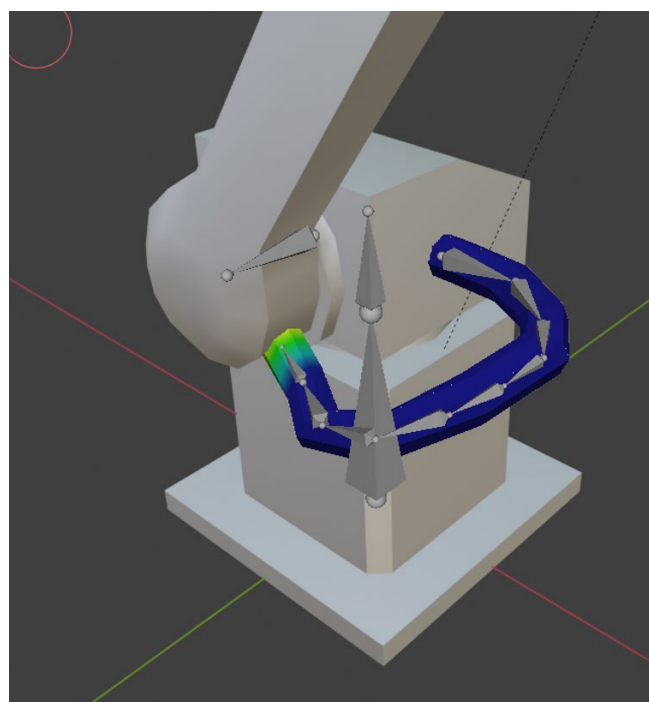


Рис. 4. Рисование весов на деформирующихся элементах

Дальнейшая настройка включает выбор и реализацию принципов управления кинематикой манипулятора. Для каждой кости производится фиксация осей

вращения, блокирующая свободу движения по нежелательным осям, что является цифровым аналогом реальных механических ограничений и предотвращает физически невозможные конфигурации, такие как, например, скручивание плечевого рычага вокруг его продольной оси.

Экспорт и настройка в Unity

После завершения комплексного процесса риггинга и финальной проверки анимаций в Blender подготовленная модель роботоманипулятора экспортируется в универсальный формат FBX (Рисунок 5) [2].

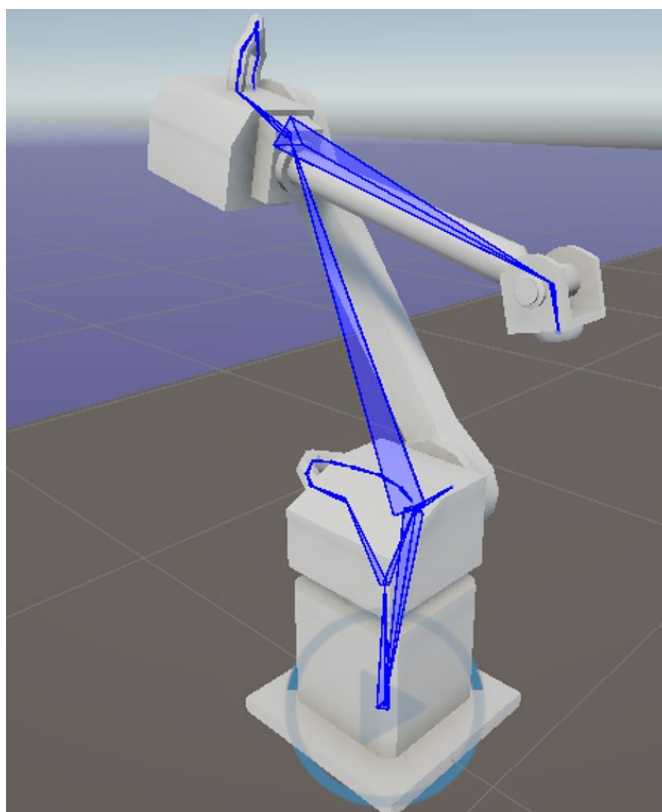


Рис. 5. Модель после импорта в Unity

Следующим важным шагом является реализация логики управления манипулятором. Для этого может быть использован один из двух основных подходов. Первый подход заключается в создании Animator Controller'a, куда помещаются заранее подготовленные анимации (например, типовые движения «взять», «переместить», «отпустить»), управление которыми осуществляется через систему параметров и состояний [6].

Заключение

Главным результатом работы стала подготовленная модель для создания готового решения, которое позволит безопасно и эффективно изучать принципы работы с робототехническим оборудованием, полностью устраняя риски повреждения дорогостоящей аппаратуры и обеспечивая максимальную доступность обучения для неограниченного числа студентов.

Использование виртуальных симуляторов на основе качественно подготовленных 3D-моделей представляет собой современный и перспективный инструмент подготовки инженерных кадров, обеспечивающий крепкую взаимосвязь между теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для работы в условиях цифровой трансформации промышленности.

Дальнейшее развитие проекта будет связано с добавлением более сложных сценариев обучения, интеграцией с системами автоматизированного проектирования и реализацией многопользовательского режима для коллективной работы над заданиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

12. Blender Manual 5.0. Rigging. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/introduction.html#rigging> (дата обращения: [26.11.2025]).

13. Unity Docs. Rigging. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.animation.rigging@1.4/manual/index.html> (дата обращения: [26.11.2025]).

14. Жаров И.С. «СИМУЛЯТОРЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ» [Электронные ресурсы]. Режим доступа: <https://infourok.ru/simulyatory-v-obrazovatelnoj-robototehnike-5417202.html> (дата обращения: [26.11.2025]).

15. Siciliano, B. *Robotics: Modelling, Planning and Control* / B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo. – Лондон: Springer, 2010. – XX, 632 с. – ISBN 978-1-84628-641-4. – Текст : непосредственный.

16. Spong, M. W. *Robot Modeling and Control* / M. W. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar. – Хобокен: John Wiley & Sons, 2020. – XVIII, 496 с. – ISBN 978-1-118-51568-2. – Текст : непосредственный.

17. Goldstone, W. *Unity Game Development Essentials* / W. Goldstone. – Бирминген: Packt Publishing, 2020. – XIII, 356 с. – ISBN 978-1-84719-958-4. – Текст : непосредственный.

*Научный руководитель – ассистент кафедры ПИиИС Головачёв Н. С.
© М. А. Мищенко, 2026*

А. А. Заркова

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа №2 города Искитима

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА «ВИРТУАЛЬНЫЙ ПАРК БУДУЩЕГО» В СРЕДЕ UNREAL ENGINE

Стремительное развитие цифровых технологий открывает новые возможности для проектирования городской среды. Задача по созданию комфортной, экологичной и универсальной городской среды является одной из самых актуальных задач современности. Ведь, несмотря на их важность, многие городские парки сталкиваются с проблемами неэффективного использования или неправильного планирования пространства, которые требуют комплексного решения.

Проект «Парк будущего» был разработан в рамках конкурса «Город будущего» и представляет собой концепцию оригинального общественного пространства, объединяющего зоны отдыха, спорта и развития. Основная идея проекта заключается в том, чтобы показать каким может быть парк будущего с учетом технологий, экологии и урбанистики. Концепция парка состояла в использовании современных технологий для комфорта посетителей, разнообразности досуга и автономности самого парка. В виртуальном пространстве проекта посетители могут не только осмотреть локацию, но и взаимодействовать с объектами. Такой подход позволяет исследовать потенциал новых технологий в проектировании городской инфраструктуры и создать новое представление о городском планировании.

Цель проекта – показать, как с помощью современных технологий можно создавать многофункциональное и экологически чистое общественное пространство.

Для раскрытия концепции «Парка будущего» необходимо рассмотреть этапы его создания и решения, примененные при разработке виртуального пространства. В данном разделе представлены основные этапы, такие как моделирование, перенос в среду разработки, разработка интерактивных функций. Для разработки проекта были использованы модели, созданные в Blender, а для создания интерактивных функций была выбрана среда разработки Unreal Engine 5. Формирование визуальной части проекта, включая разработку композиции, планировки и основных моделей, осуществлялось с использованием программы Blender, который позволил создать основу для последующего переноса сцены в UE5. При разработке моделей использовались различные модификаторы, инструменты моделирования и средства для создания простых материалов (Рис. 1) [1].

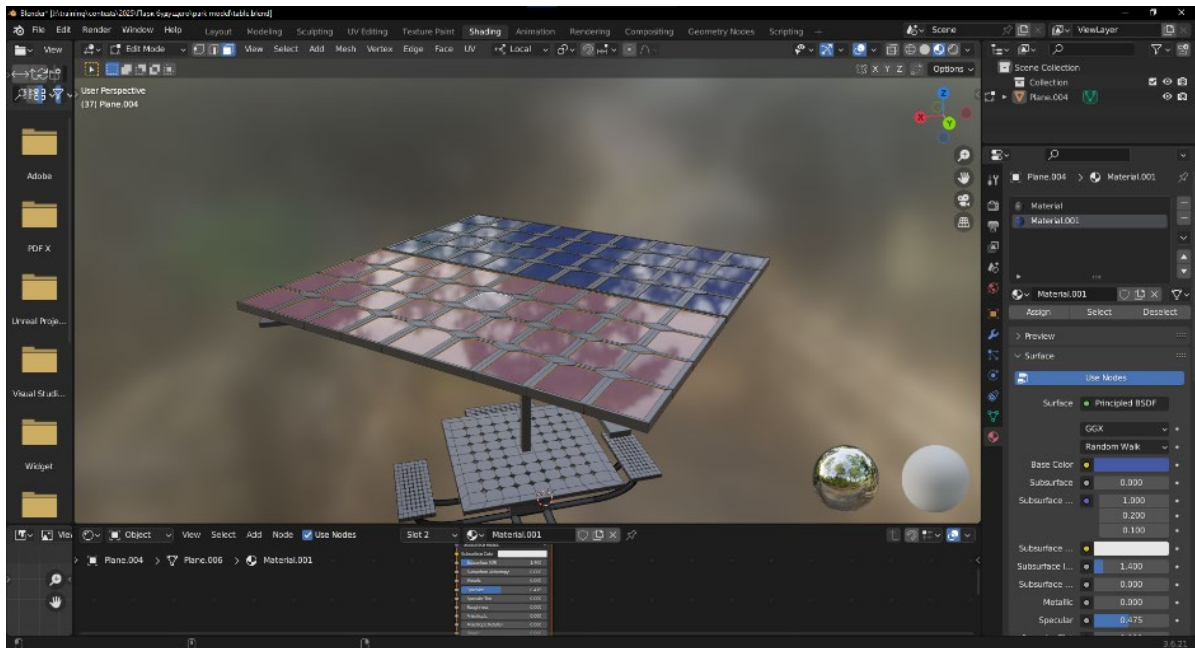


Рис.1. Наложение материалов

Интеграция модели была реализована за счет экспорта проекта из Blender в формате FBX.

Среда разработки UE5 имеет визуальную систему программирования – Blueprint, которая может помочь выстроить логику игры без применения классического текстового программирования, это снижает порог требуемых знаний для начала работы. С помощью Blueprint были реализованы интерактивные функции проекта (Рис. 2).

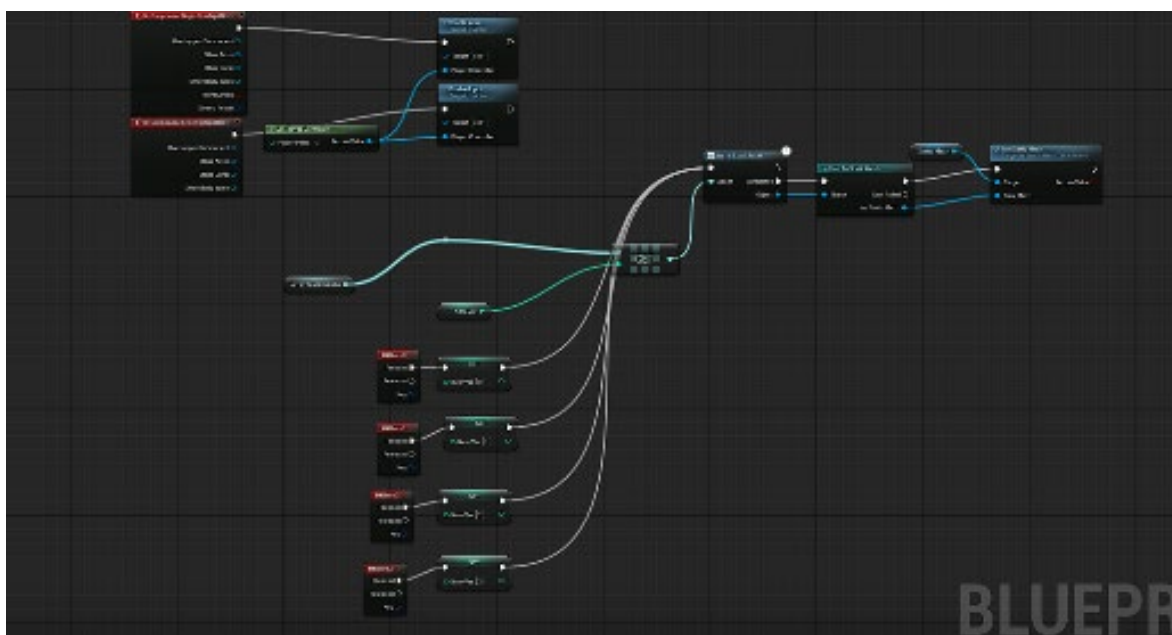


Рис. 2. Программирование интерактивной функции

Движущееся солнце было создано с помощью встроенного плагина «Sun Position Calculator» (Рис. 3). И документации Unreal Engine [2].

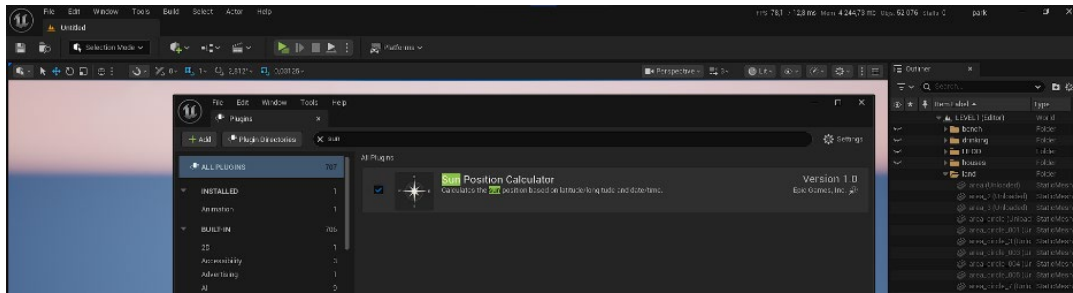


Рис. 3. Активация плагина «Sun Position Calculator»

С помощью плагина было имитировано изменение естественного освещения это сделало сцену реалистичнее в настройках были заданы географические координаты Новосибирской области, что позволило имитировать изменение естественного освещения (Рис. 4,5).

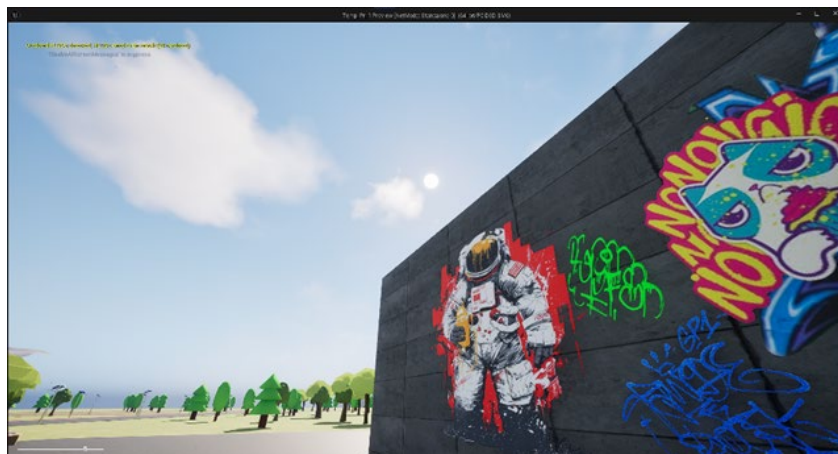


Рис. 4. Расположение солнца днем



Рис. 5. Расположение солнца утром

Для взаимодействия с освещением реализован элемент управления – ползунок в левой нижней части экрана, позволяющий пользователю изменять положение солнца и наблюдать изменения в реальном времени [3].

В ходе работы был создан виртуальный прототип парка будущего, демонстрирующий возможности современных технологий в проектировании многофункциональных и технологических общественных пространств. Реализация проекта с использованием Blender и Unreal Engine 5 позволила объединить интерактивность и визуализацию.

Применение интерактивных инструментов среды разработки UE5, обеспечило возможность взаимодействия пользователя с виртуальной средой. Особое внимание уделено экологическим аспектам и визуализации гармоничного сочетания природных и технологических элементов.

Представленный проект может служить примером интеграции виртуальных технологий в сферу городского планирования. Подобные разработки способствуют появлению новых подходов к проектированию городской среды и позволяют исследовать влияние цифровых технологий на процесс планирования и восприятия архитектурных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Blender Manual. Материалы – Введение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.blender.org/manual/ru/latest/render/materials/introduction.html>
2. Geographically Accurate Sun Positioning Tool [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/geographically-accurate-sun-positioning-tool-in-unreal-engine>
3. Widget Blueprints [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/widget-blueprints-in-umg-for-unreal-engine>

© А. А. Заркова, 2026

Е. А. Чипизубова, Е. А. Лебедев Т. В. Ларина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕВЕРСИВНОГО ИНЖИНИРИНГА

Введение

Реверс-инжиниринг – процесс создания твердотельной модели по облаку точек, путём сканирования физического объекта. Вся начальная информация об изделии получается из самого реального изделия.

Реверсивный инжиниринг (далее – РИ) состоит из трёх фаз: фаза оцифровки – сканирование и сбор данных; фаза реконструкции – обработка данных, полученных сканированием и удаление шумов; создание САД-модели из полигональной, фаза производства – модификация конструкции и выделение дефектов

Для первого этапа РИ используют 3D-сканеры – измерительные устройства, осуществляющие сбор данных о сканируемом объекте и создающие по этим данным трёхмерную модель. 3D-сканеры подразделяются на контактные и бесконтактные, а те в свою очередь на контактные и бесконтактные.

На втором этапе РИ применяют специальное ПО, предназначенное для обработки трёхмерной модели, построенной сканером, и последующего построения модели, пригодной для производства.

Третий этап подразумевает исправление дефектов, возникающих на первых двух этапах, доработку изделия и, при необходимости, применение полученной САД-модели в других программах.

В ходе выполнения работы была изготовлена параметрическая модель кронштейна со сложной геометрией, с применением функционала САД-системы Geomagic Design X и бесконтактного 3D-сканера ScanCenter NG.

Сканирование

Получение трёхмерной модели методом РИ начинается с подготовки исходного изделия и 3D-сканера. Для этого изделие тщательно очищается от грязи, покрывается матирующим слоем для устранения слишком тёмных участков и отсвечивающих элементов, препятствующих качественному сканированию.

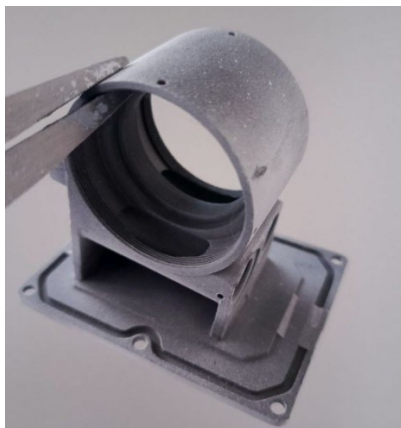


Рис. 1. Матовое покрытие на кронштейне

Затем проводится калибровка 3D-сканера. В случае использования бесконтактного оборудования, также применяется поворотный столик. Камеры оборудования настраиваются по специальным калибровочным полям, выбираемым в зависимости от масштаба сканируемого изделия.

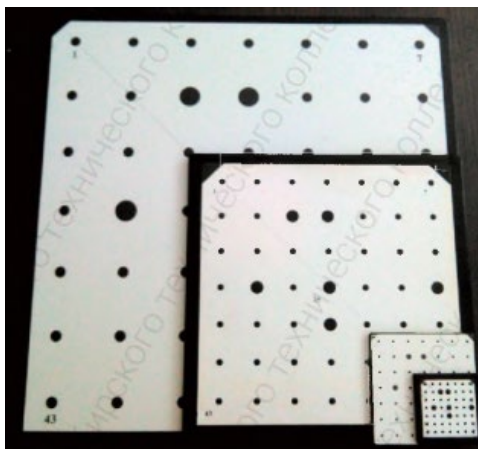


Рис. 2. Калибровочные поля

Далее поворотный столик покрывается вспомогательными метками и на него устанавливается сканируемый объект.

Процесс сканирования состоит в получении изображений изделия. Количество сканов зависит от количества поворотов столика и напрямую влияет на проработанность получаемой модели. Полученные изображения автоматически сопоставляются, образуя трёхмерную цифровую модель.

Обработка

После завершения сканирования, программа автоматически объединяет облако точек в модель, пригодную для экспорта в разных форматах. Из отсканированной модели при необходимости убирают шумы и если было проведено больше одного сканирования, совмещают модели между собой.

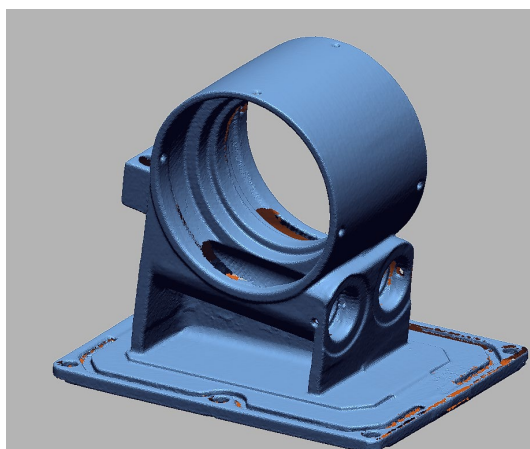


Рис. 3. Обработанная модель кронштейна

Создание CAD-модели

После формирования модели в формате STL, её необходимо преобразовать из облака точек в полигональную, а затем и в твердотельную модель с помощью специального ПО, такого, как например Geomagic Design X. В таких программах, полигональная модель выступает в качестве источника размеров и определения того, где и какие примитивы должны быть расположены. Результатом сегментации является модель с классифицированными областями, объединёнными по критериям, например плоскостность, цилиндричность и т.д.

Первым шагом в создании твердотельной модели является создание эскиза на базовых плоскостях. Эскиз может быть построен произвольно или на основе сечения облака точек. Использование функции подгонки и установка ограничений ускоряют процесс создания эскиза, уменьшая время создания и снижая отклонения от отсканированной модели.

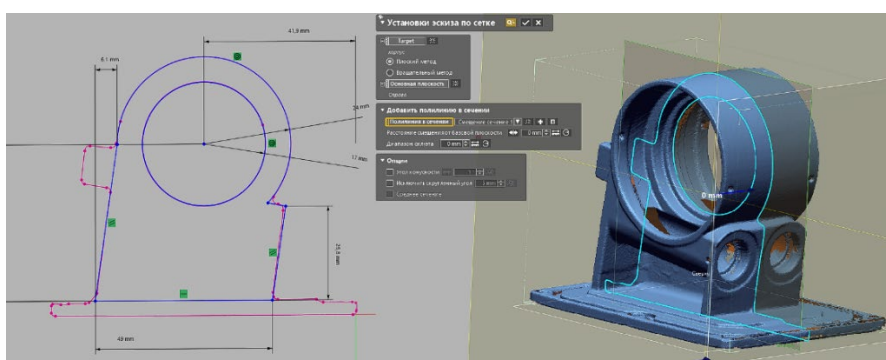


Рис. 4. Эскизирование по сечению модели

После создания эскизов, производится создание трёхмерных объектов, повторяющих форму эскиза путём выдавливания, вращения, протягивания и т.д. Плоскости полученных компонентов также могут служить для построения новых эскизов. При выдавливании указывается эскиз, направление выдавливания и расстояние, на которое должен выдавливаться компонент. Значение расстояния можно получить, сняв размеры напрямую с полигональной модели или при помощи тепловой карты, показывающей отклонение участков создаваемой модели от отсканированной.

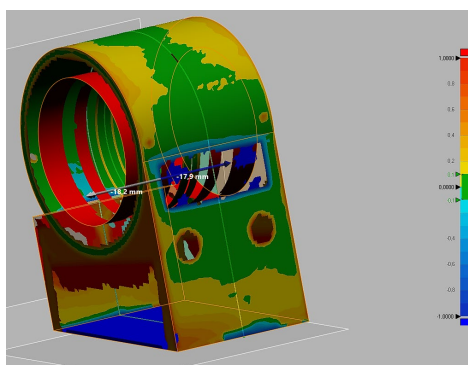


Рис. 5. Тепловая карта при выдавливании

После создания основных компонентов, при необходимости можно применить дополнительные логические операции для создания отверстий, пазов, канавок и прочих элементов, создание которых на начальном этапе выдавливания, значительно повысило бы трудоёмкость создания параметрической модели.

После окончания работы над САД-моделью, её можно экспортировать в другие САД-системы, например КОМПАС-3D для дополнения модели и автоматизированного создания чертежей, или ПО предназначенное для 3D-печати.

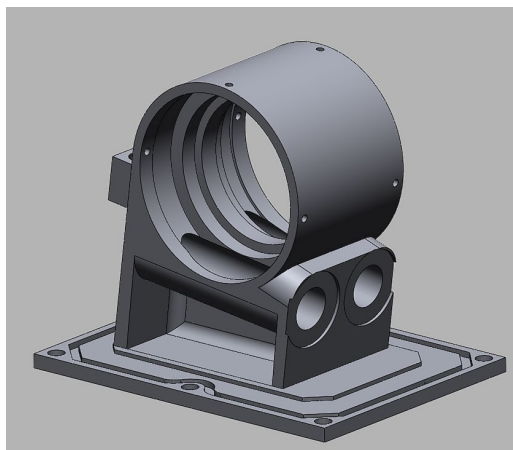


Рис. 6. Твёрдотельная модель созданная с использованием РИ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.С. Гуляев, И.С. Басалов Реверсивный инжиниринг. – Ярославль – 2021. – С. 80.
2. Е.О. Побегалова, Е.П. Кондратьева Бесконтактные методы измерения и контроля. – Ярославль – 2021. – С. 85.

© Е. А. Читизубова, Е. А. Лебедев, Т. В. Ларина, 2026

О. А. Тышкевич

Новосибирский авиационный технический колледж имени Б.С. Галуцака (НАТК им. Б.С. Галуцака)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИ И СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА РОБОТОТИЗИРОВАННОГО ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

Введение

Телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА) являются незаменимым инструментом для выполнения задач в труднодоступной и опасной подводной среде. Однако стоимость серийных аппаратов остается высокой, что стимулирует развитие любительской и образовательной робототехники. Современные технологии, такие как параметрическое проектирование в САПР и доступная 3D-печать, открывают возможности для создания функциональных прототипов ТНПА с относительно низкими затратами.

Целью данного проекта являлась разработка, моделирование и изготовление малогабаритного ТНПА для визуального обследования пресноводных водоемов на глубинах до 5 метров. В качестве основного инструмента проектирования была выбрана отечественная система КОМПАС-3D, благодаря своей мощной параметризации и удобству работы со сборками. Для производства корпусных элементов был использован метод послойного наплавления (FDM) и экологичный пластик PLA.

Этап проектирования в КОМПАС-3D

На начальном этапе была определена общая схема аппарата. Выбрана классическая компоновка с несущей рамой, на которой закреплены два основных герметичных отсека (носовой и центральный), блоки плавучести и двигательный комплекс. Для обеспечения маневренности решено было использовать один двигатель с винтом в кольцевых насадках, что позволяет реализовать векторную тягу и осуществлять движение в любом направлении.

Основной инженерной задачей стало проектирование герметичных контейнеров для размещения электроники. В КОМПАС-3D был создан параметрический эскиз поперечного сечения контейнера, представляющий собой кольцо с внутренним пазом для установки торцевых крышек. Толщина стенок была рассчитана исходя из предполагаемой глубины погружения (5 м) и механических свойств PLA. Для усиления конструкции и предотвращения деформации от внешнего давления, на внешней поверхности цилиндра были смоделированы ребра жесткости с помощью операции «Массив по концентрической сетке».

Крышки контейнеров были спроектированы с одним критически важным элементом – уплотнительный паз. Круговой паз прямоугольного сечения для установки резинового кольцевого уплотнителя.

Моделирование рамы аппарата велось методом каркасного моделирования. Это позволило создать легкую и жесткую конструкцию для крепления всех модулей.

Все смоделированные детали были собраны в единую виртуальную модель в среде КОМПАС-3D (Рис.1). На этом этапе была проведена проверка на пересечение геометрий, корректность посадки деталей и обеспечение необходимых зазоров для прокладки кабелей.

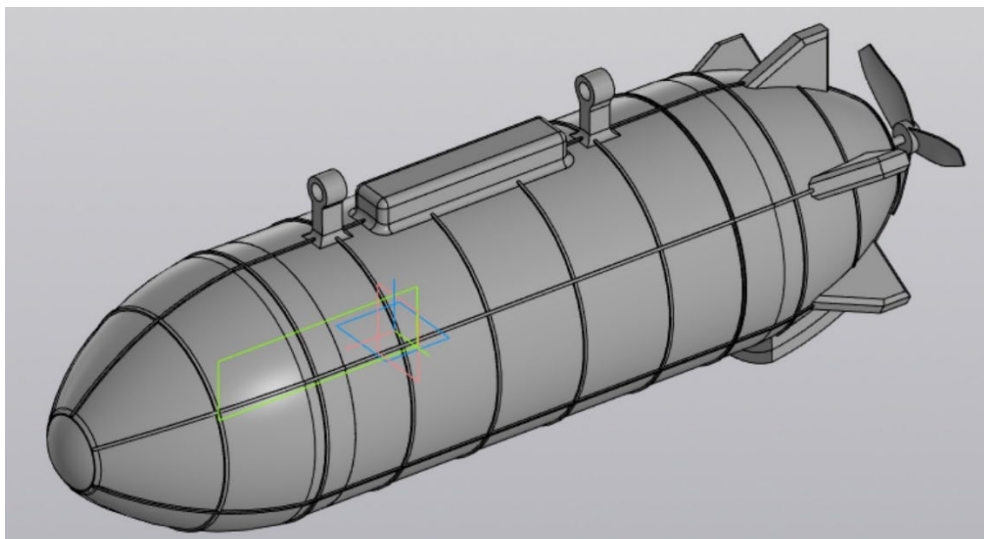


Рис.1. Сборка ТНПА.

Этап подготовки к производству и 3D-печать

После завершения проектирования все детали были экспортированы в формате STL. Для слайсинга (подготовки управляющего кода для 3D-принтера) использовалась программа Ultimaker Cura. Критически важные настройки для печати ответственных деталей включали:

- заполнение (Infill) на уровне 40-50% для обеспечения прочности и сопротивления внешнему давлению;
- количество периметров (Wall Line Count) равное 4-5 для создания толстой, монолитной внешней стенки;
- крышки и корпуса размещались на столе для печати таким образом, чтобы усилие сжатия от внешнего давления действовало перпендикулярно слоям печати, минимизируя риск расслоения;
- использование поддерживающих структур (Support) применялось для печати сложных элементов.

Выбор материала и процесс печати

В качестве основного материала был выбран полилактид (PLA). Его преимущества для данного проекта:

- простота печати, низкая усадка;
- высокая жесткость и прочность на растяжение;
- экологичность и отсутствие запаха.

Основным недостатком PLA является его гигроскопичность и постепенная деградация в воде. Для краткосрочных и среднесрочных миссий в пресной воде этот риск был признан допустимым.

Печать проводилась на FDM-принтере с прутком диаметром 1.75 мм. Температура сопла: 205-210°C, температура стола: 60°C. Все детали печатались с минимально возможной высотой слоя (0.16-0.2 мм) для улучшения качества поверхности и герметичности стыков.

Сборка прототипа

После печати все детали были зачищены от поддержек и прошли визуальный контроль. Проверка посадки крышек в корпуса была проведена до установки электроники. Для герметизации использовались стандартные резиновые уплотнительные кольца круглого сечения, смазанные силиконовой смазкой (Рис.2).

В носовом отсеке была размещена камера высокой четкости с широкоугольным объективом. В центральном отсеке – плата управления (на базе Arduino), драйверы двигателей, блок преобразователя напряжения и литий-полимерный аккумулятор.

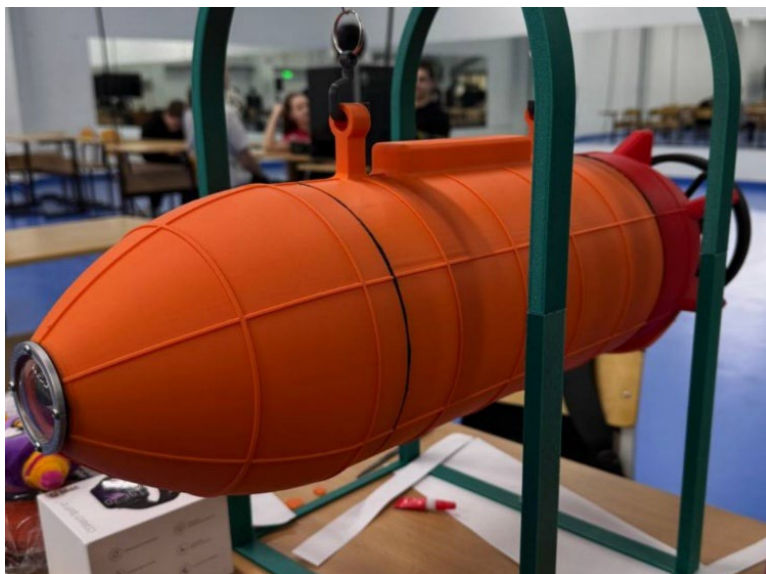


Рис.2. Собранный прототип.

Натурные испытания

Испытания проводились в несколько этапов:

- стендовые испытания, включающие проверку работоспособности всех систем, управляемости двигателей и видеотрансляции.
- испытания на герметичность, включающие кратковременное погружение герметичных отсеков в емкость с водой без электроники для выявления протечек.
- ходовые испытания в бассейне, в процессе которых аппарат демонстрировал хорошую устойчивость и маневренность. Векторная система тяги позволила реализовать все степени свободы: движение вперед/назад, влево/вправо, всплытие/погружение и разворот на месте;

Была выявлена незначительная положительная плавучесть, которая была скорректирована добавлением небольшого балласта.

Заключение

В рамках проекта был успешно реализован полный цикл создания функционирующего малогабаритного ТНПА. Продемонстрирована эффективность связи современных инженерных инструментов: параметрической САПР КОМПАС-3D для точного и быстрого проектирования и технологии FDM-печати для оперативного и низкочастотного производства сложных корпусных деталей.

Несмотря на ограничения по глубине погружения, связанные с прочностными характеристиками PLA, созданный прототип доказал свою состоятельность для применения в образовательных и исследовательских целях на малых глубинах. Дальнейшим развитием проекта может стать использование более гидрофобных и прочных материалов (PETG, ABS, нейлон), а также внедрение системы манипулятора и датчиков для измерения параметров водной среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев А. В., Петров С. К. Проектирование подводных робототехнических комплексов. – СПб.: Судостроение, 2018. – 324 с.
2. ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. – Введ. 2014-09-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 25 с.
3. Калинин В. С., Семенова Л. А. Расчеты на прочность и герметичность тонкостенных оболочек в САПР КОМПАС-3D // Инженерный вестник. – 2019. – № 4. – С. 78–89.
4. Рыжов В. П. Гидромеханика малых подводных аппаратов. – М.: Наука, 2016. – 288с.
5. Сидорова К. А. Материаловедение в аддитивных технологиях: учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 210 с.

© О. А. Тышкевич, 2026

В. А. Ключкина, А. В. Ключкин

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В МЕДИЦИНЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

Современная медицина переживает этап цифровой трансформации, где особую роль играют технологии аддитивного производства, более распространенные как 3D-печать. Эти технологии позволяют создавать физические трёхмерные объекты любой геометрической сложности непосредственно из цифровых моделей, что открывает новые возможности для персонализации лечения. Целью данной статьи является систематизация и углубленный анализ применения технологий 3D-печати в медицине с акцентом на методы компьютерной графики, используемые для преобразования данных медицинской визуализации в цифровые модели, пригодные для создания персонализированных имплантатов, хирургических шаблонов и анатомических моделей.

Медицина стала одной из первых отраслей, которая решила использовать потенциал 3D-принтеров в практических целях. Выбор технологии 3D-печати напрямую зависит от медицинской задачи и предъявляемых к объекту требований, таких как прочность, биосовместимость, точность и цветопередача [1]. Классификация и области применения основных технологий аддитивного производства в медицине представлены на рисунке 1.



Рис.1. Классификация и области применения основных технологий аддитивного производства в медицине

Современные медицинские материалы для 3D-печати должны быть биосовместимыми согласно международному стандарту ISO 10993 [2], а в случае имплантов – биоинертными или биоактивными. Это титановые сплавы, биоразлагаемые полимеры, медицинский РЕЕК (полимер полиэфирэфиркетон) и керамика. Титан и его сплавы благодаря сочетанию биосовместимости и высокой удельной прочности широко используются для изготовления медицинских имплантатов [3].

Создание геометрических моделей из данных медицинской визуализации является критически важным шагом, осуществляемым преимущественно методами компьютерной и инженерной графики. Исходными данными для данного процесса служат массивы срезов, полученные методами компьютерной томографии (КТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ) и сохраненные в стандартном медицинском формате DICOM. Первым этапом является сегментация, позволяющая выделить целевые анатомические структуры (кость, кровеносный сосуд или опухоль) из всего массива вокселей. Для решения этой задачи применяется как ручное выделение с использованием специализированного ПО, так и распространяющиеся автоматизированные алгоритмы на основе машинного обучения. В частности, при травмах челюстно-лицевой области после получения компьютерной модели без имплантата также виртуально, без участия пациента проводится компьютерное моделирование нового имплантата [4]. Данный процесс представлен на рисунке 2.

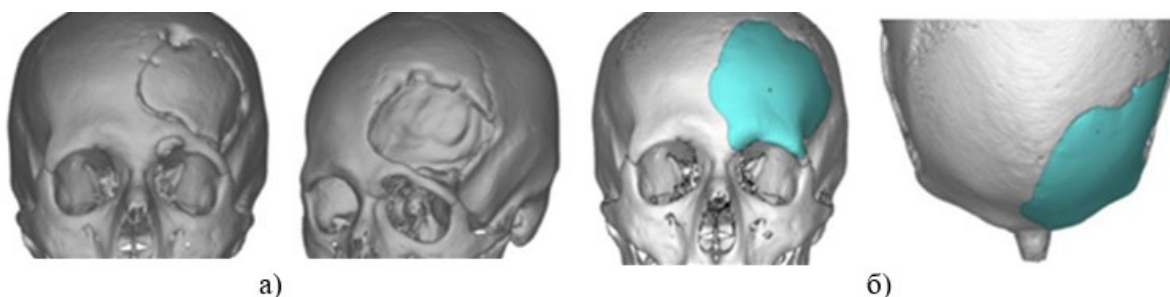


Рис.2. 3D модель черепа (а); Моделирование шаблона имплантата (б)

Результатом сегментации является бинарная маска, которая затем преобразуется в трехмерную полигональную сетку в процессе, называемом тесселяцией или генерацией поверхности. На этом этапе набор двухмерных масок превращается в трехмерный объект в формате STL. Качество полученной сетки, включающее такие параметры, как плотность полигонов и отсутствие топологических ошибок, напрямую определяет точность будущей физической модели. Завершающей стадией подготовки модели является оптимизация и редактирование сетки в средах САD-систем или специализированных редакторах. Здесь производится очистка модели от артефактов сегментации, заполнение нежелательных отверстий, сглаживание поверхностей и оптимизация сетки для последующей 3D-пе-

части, что в совокупности обеспечивает создание геометрически корректной и пригодной для печати модели.

Области применения технологий 3D-печати в медицине охватывают широкий спектр клинических задач, начиная от предоперационного планирования и заканчивая созданием имплантируемых устройств. Одним из фундаментальных направлений является создание анатомических моделей (биомоделей), которые предоставляют хирургам возможность детально изучить патологию в физическом пространстве, отработать ход операции и выбрать оптимальную тактику вмешательства [1]. Современные мультиматериальные принтеры позволяют создавать комплексные модели, достоверно имитирующие различные биологические ткани по своим механическим свойствам и цветовому оформлению. Существенным шагом в повышении точности хирургических вмешательств стало внедрение персонализированных хирургических шаблонов и инструментов, которые изготавливаются на основе данных медицинской визуализации конкретного пациента. Особенно востребованы такие решения в челюстно-лицевой хирургии и ортопедии, где они обеспечивают точную пространственную ориентацию, сокращают время операции и минимизируют кровопотерю.

Наиболее технологически сложным направлением является производство индивидуальных имплантов и эндопротезов, которые создаются с учетом анатомических особенностей пациента для замещения обширных костных дефектов. Аддитивные технологии позволяют формировать сложнопористые структуры, которые способствуют остеоинтеграции за счет прорастания костной ткани внутрь импланта. В области протезирования и ортезирования 3D-печать открыла возможности для быстрого и экономически эффективного изготовления легких, функциональных и эстетичных протезов конечностей, а также корректирующих корсетов, точно соответствующих анатомии пациента [5]. На рисунке 3 представлен напечатанный 3D-принтере ортопедический корсет.



Рис.3. Ортопедический корсет

Наиболее перспективным направлением развития считается биопечать, где в качестве материала используются биочернила на основе живых клеток. Хотя

эта технология находится на стадии активных исследований, она уже демонстрирует потенциал для создания тканеинженерных конструкций, таких как хрящевая ткань, кожа и сосудистые сети, а также целых функциональных органов.

Так, группа ученых Высшей технической школы Цюриха Швейцарии в 2017 сделали первое в мире сердце, напечатанное на 3D-принтере. Его прототип весит всего 390 грамм и выдерживает около трех тысяч сокращений, но оно создано из человеческих жировых клеток и соединительной ткани. Сердце состоит из двух желудочков, которые разделены специальной камерой, заменяющей сердечную мышцу. За счет воздушного насоса камера сдувается и надувается, позволяя жидкости перекачиваться через сердце (рисунок 4).

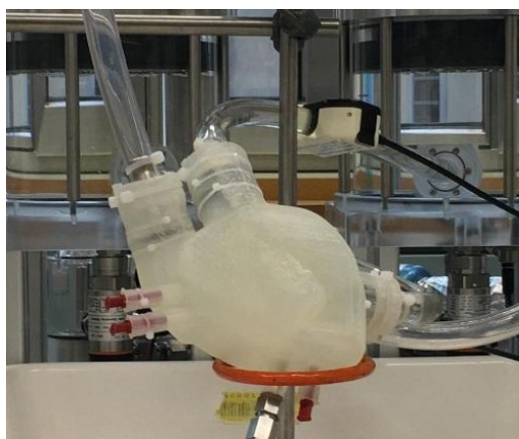


Рис.4. Напечатанное на 3D-принтере сердце

Внедрение 3D-печати в медицину демонстрирует значительные преимущества, включая полную персонализацию лечения, сокращение времени операций и улучшение клинических исходов. Технология позволяет создавать сложные внутренние структуры и ускоряет разработку медицинских изделий. Однако существуют и серьезные ограничения: высокая стоимость оборудования и материалов, длительный процесс подготовки и валидации моделей, нормативно-правовые барьеры при сертификации, а также необходимость междисциплинарных знаний на стыке медицины и инженерии [5].

Перспективы развития технологий 3D-печати в медицинской области связаны с интеграцией искусственного интеллекта в системы автоматизированного проектирования. Внедрение «умных» CAD-систем позволит существенно ускорить и автоматизировать процесс сегментации медицинских изображений, выделения целевых анатомических структур и оптимизации геометрии создаваемых моделей. Алгоритмы машинного обучения смогут анализировать базы данных медицинских изображений для предложения оптимальных параметров имплантатов и прогнозирования их функциональных характеристик.

Значительный потенциал развития связан с совершенствованием мультиматериальной и многомодальной печати, позволяющей создавать изделия с градиентными свойствами и сложной внутренней архитектурой. Эта технология от-

крывает возможности для изготовления имплантатов, точно воспроизводящих гетерогенную структуру биологических тканей, а также для создания функциональных изделий, объединяющих жесткие, эластичные и проводящие материалы.

Главной перспективой развития 3D-печати в медицине является биопечать: ожидается переход от создания простых тканевых конструкций к печати сложных органов с функциональным формированием кровеносных сосудов. Решение проблемы формирования капиллярных сетей станет ключевым шагом на пути к созданию полноценных трансплантатов.

Проведенный анализ демонстрирует, что технологии аддитивного производства стали неотъемлемым инструментом современной медицины, обеспечивающим переход к персонализированному и прогнозируемому лечению. Главную роль в этом процессе играют методы компьютерной и инженерной графики, позволяющие преобразовать данные медицинской визуализации в цифровые и физические модели, хирургические шаблоны и индивидуальные имплантаты. Перспективы развития медицинской 3D-печати связаны с созданием интеллектуальных систем проектирования на основе искусственного интеллекта, развитием мультиматериальной печати и совершенствованием биопечати функциональных органов. Однако для полноценной интеграции этих технологий в клиническую практику необходимо преодолеть нормативно-правовые барьеры, снизить стоимость процессов и разработать междисциплинарные стандарты подготовки специалистов. Дальнейшие исследования в области биосовместимых материалов и методов компьютерного моделирования откроют новые возможности для создания сложных тканеинженерных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шишкин А. Г. Аддитивные технологии в медицине // М.: Техносфера. – 2020. – 256 с.
2. ГОСТ ISO 10993-1-2021. Межгосударственный стандарт. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 1. Оценка и исследования в процессе менеджмента риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gost_gosudarstvennyj-standart/13/gost_ISO_10993-1-2021_mezhgosudarstvennyj_standart_izdeliya.html
3. Коллеров М. Ю., Спектор В. С., Скворцова С. В., Мамонов А. М., Гусев Д. Е., Гуртовая Г. В. Проблемы и перспективы применения титановых сплавов в медицине // Титан. – 2015. – № 2(48). – С. 42–53.
4. Внук В. В., Ипполитов Е. В., Новиков М. М., Черобыло С. А. Применение систем автоматизированного проектирования и аддитивных технологий в восстановительной хирургии // Труды конференции ГрафиКон-2019. Том 1. Брянский государственный технический университет. – 2019. – С. 176-180. DOI: 10.30987/graphicon-2019-1-176-180
5. Иванов А. А. 3D-печать в медицине: от биомоделей до имплантатов // М.: Медицина. – 2020. – 256 с.

© В. А. Ключкина, А. В. Ключкин, 2026

В. Р. Костылева, А. Н. Дорошенко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАНОРАМЫ ГЕРЦА

Статья посвящена анализу оптических компонентов панорамы Герца, изучении программы T-Flex и исследовании характеристик панорамы.

Панорама Герца представляет собой оптический прибор для визирования и измерения углов, применяется в наземной артиллерии и реактивных системах залпового огня, прибор позволяет наводить орудие как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях [1].

Основные преимущества панорамы Герца – высокая точность и возможность измерения горизонтальных углов поворота.

В качестве недостатков при наведении можно выделить следующее: отклонение от правильной ориентации панорамной головки подразумевает, что при выставленных нулевых значениях, оптическая ось асимметрична оси канала орудия и не смотрит в противоположную сторону.

3D-модель панорамы Герца включает в себя различные детали и сборочные единицы: крепления головной призмы, крепления для призмы Дове, корпуса, оправ для объектива, пластины с перекрестием, симметричного окуляра, резьбовые и промежуточные кольца, винты. В общей сложности использовалось 45 оптических элементов.

Элементы оптической системы расположены и спроектированы таким образом, чтобы в неподвижном окуляре формировалось прямое изображение объектов, находящихся в любом направлении, обеспечивая круговой обзор. Это позволяет прицелу совмещать линию визирования с любой точкой наводки, независимо от её положения относительно орудия.

В обзорной области панорамы отчетливо видна прицельная сетка, специально подсвечиваемая в темное время суток через отверстие в окулярной трубке.

Устройство отражателя и измерителя углов спроектировано таким образом, что при вращении регулировочного колеса малых делений (со шкалой, поделенной на 100 частей) шкала больших делений перемещается на одно деление.

При компоновки прибора были применены специальные крепления для прямоугольной призмы пружиной в барабане, дополнительно использовано крепление для призмы Дове в оправе сегментной шпонкой [2, 3]. Схема конструкции панорамы Герца приведена на рисунке 1.

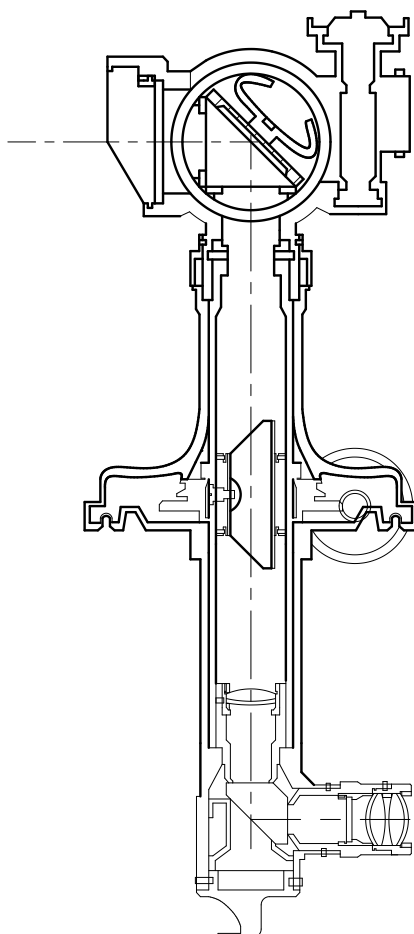


Рис. 1. Разработка конструкции панорамы Герца

Рассмотрим крепление головной призмы AP-90 (рисунок 2).

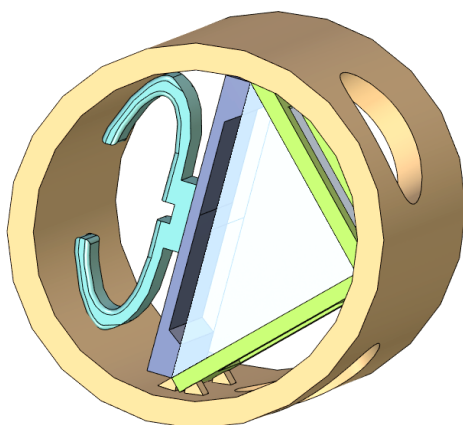


Рис. 2. Крепление головной призмы AP-90

Оправа для головной призмы AP-90 состоит из нескольких частей:

- пружина, фиксирующая призму;
- прокладки, расположенные на каждой стороне призмы;
- металлическая пластина, на которой держится пружина.

Оптическая схема панорамы состоит из: защитного стекла, головной призмы AP-90, призмы Дове, двухлинзового объектива, призмы с крышей АкР-90, пластины с перекрестием и симметричного окуляра [1, 4].

Оптическая система изготовлена из таких материалов, как крон-флинт и крон 8. Все конструкторские решения осуществлялись в программе T-Flex [5]. Внешний вид панорамы указан на рисунке 3.

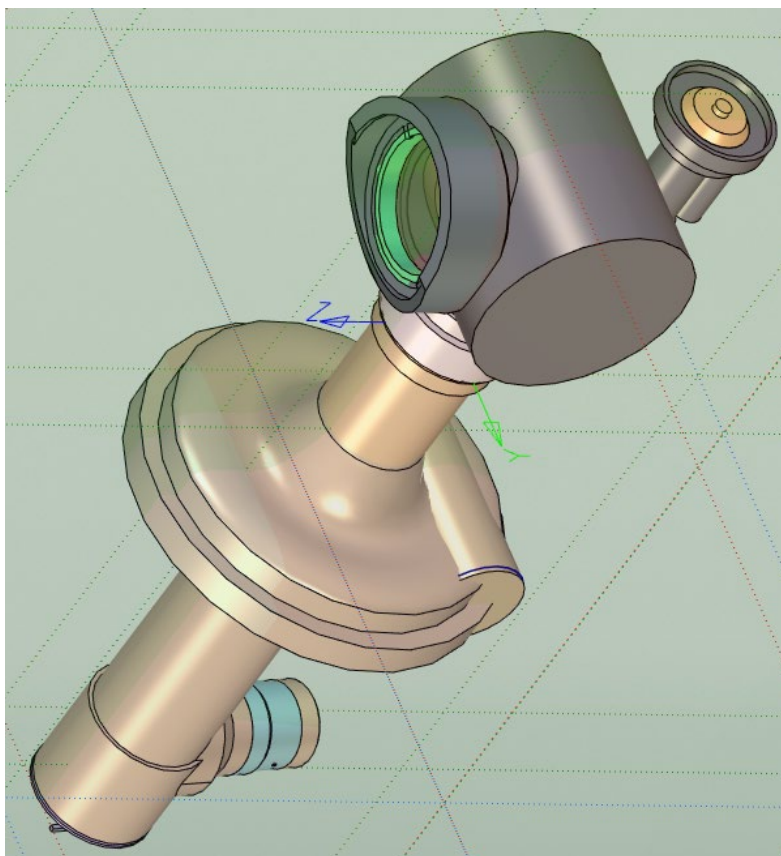


Рис. 3 Внешний вид панорамы

Панорама характеризуется следующими параметрами:

- наводчик имеет возможность видеть цель с увеличением в 4 раза;
- визуальное представление цели и прицельная сетка находятся в фокусе на одном и том же расстоянии от зрачка оператора;
- углы поворота в горизонтальной плоскости измеряются с точностью до 1/6000.

Для изготовления оправ линз, пластин и креплений призм применялась сталь. На рисунке 4 показана панорама Герца, созданная с учетом определенных схем. Для каждого оптического компонента создавалась индивидуальная оправа.

Затем все оправы закреплялись с помощью резьбовых и промежуточных колец, винтов.

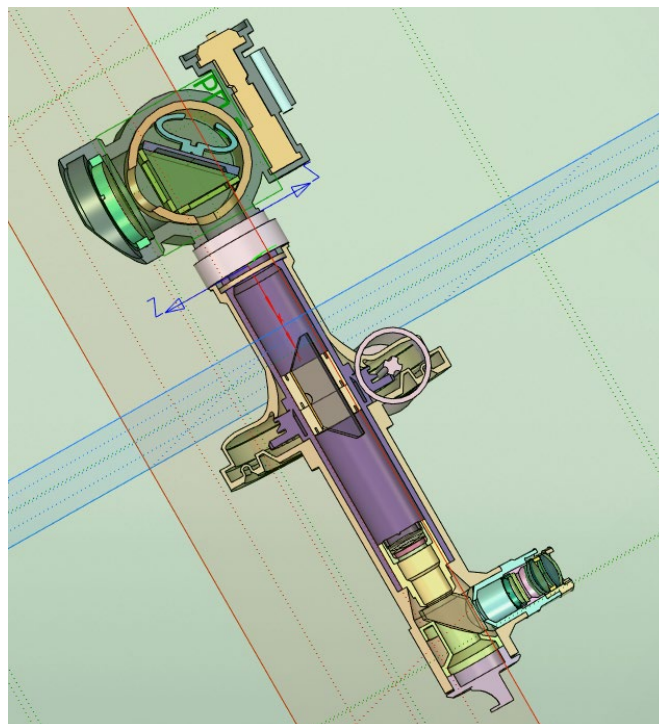


Рис. 4. Модель панорамы Герца в разрезе

Удобство работы в программе T-Flex прежде всего заключается в возможности создавать модели, управлять параметрами. T-Flex позволяет быстро и эффективно вносить изменения в конструкцию, адаптировать ее под различные требования и условия. Инструменты параметризации в T-Flex включают в себя не только классические математические зависимости, но и возможность создания собственных алгоритмов, управляющих геометрией модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сто лет панораме Герца [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://npzoptics.ru/press/100_let_panorame_gerca/
2. Кругер М.Я., Панов В.А., Кулагин В.В., Погарев Г.В., Кругер Я.М., Левинзон А.М., Справочник конструктора оптико-механических приборов. – Москва: Красный печатник, 1963. С. – 377
3. Плотников В.С., Варфоломеев Д.И., Пустовалов В.Е. Расчет и конструирование оптико-механических приборов. – Москва: Машиностроение, 1972. – С. 256.
4. Кулагин В.В. Основы конструирования оптических приборов. – Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – С. 312.
5. T-Flex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tflexcad.ru/>

© В. Р. Костылева, А. Н. Дорошенко, 2026

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРПУСА РОБОТА В AUTODESK INVENTOR ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧ

Для развития современной образовательной робототехники необходимо участие в разнообразных соревнованиях и решение множества прикладных задач. Ключевой проблемой является отсутствие гибкой, быстро адаптируемой аппаратной платформы, которая способна служить универсальным базисом для решения широкого круга задач.

Актуальностью работы можно считать необходимость снижения затрат на разработку специализированных робототехнических платформ для участия в различных мероприятиях и решения прикладных задач. Представленное решение реализуется с помощью модульного корпуса, разработанного с применением параметрического моделирования [1,2] и позволяющего быстро адаптировать робота к новым условиям за счет установки внешних компонентов.

Целью работы поставлено разработать в среде Autodesk Inventor модуль универсального корпуса мобильного робота для размещения базового набора компонентов и имеющего возможности для доступной интеграции дополнительных внешних модулей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить некоторые задачи:

- проанализировать типовые компоненты робототехнических систем и их требования к размещению;
- разработать параметрическую 3D-модель корпуса в Autodesk Inventor [1,2];
- спроектировать эффективную систему вентиляции и охлаждения;
- провести виртуальные испытания модели и создать физический прототип.

При анализе базовых компонентов для проектирования были включены вычислительный модуль Jetson Nano, Arduino Mega, а также дополнительные устройства: ультразвуковые датчики, веб-камера и аккумуляторная батарея. Данные компоненты стали основным фактором для определения габаритных и функциональных требований к конструкции корпуса.

Следуя из требований универсальности, были определены важные свойства корпуса. Адаптивность конструкции дает возможность быстрого внесения изменений в модель при смене компонентов. Универсальность крепежных элементов позволяет устанавливать различное дополнительное оборудование.

Модульность позволяет нам разбить корпус на независимые блоки с целью эффективного теплоотведения необходимого для отвода тепла от электронных компонентов и легкого доступа внутрь для обслуживания и замены.

Главный корпус был спроектирован как несущее основание. На его внутрен-

ней нижней части предусмотрена система отверстий для болтов, образующих универсальные посадочные места. Это решение позволяет жестко и надежно закрепить все основные компоненты робота, предотвратив их смещение при движении и вибрации.

Для интеграции сенсоров и систем питания в корпусе предусмотрены специализированные отверстия. Точные вырезы для ультразвуковых датчиков в передней части обеспечивают им неограниченный обзор. Отдельное отверстие для разъема зарядки аккумулятора, выведенное на боковую панель, позволяет подзарядить робота, не разбирая его, что критически важно для удобства ежедневной эксплуатации.

Для завершения конструкции и защиты «начинки» была разработана двухкомпонентная система крышек. Первая часть – это высокая несущая крышка, которая устанавливается на основную коробку. Ее главная функция – увеличение внутреннего объема, что позволяет придать роботу необходимую высоту и разместить внутри высокие компоненты или организовать кабельную разводку.

Вторая часть представляет собой тонкую нижнюю крышку, которая завершает сборку корпуса. Ее ключевая особенность – наличие перфорации, образующей вентиляционные отверстия. Эта система обеспечивает пассивное охлаждение электронных компонентов, позволяя горячему воздуху беспрепятственно покидать корпус, что предотвращает перегрев и гарантирует стабильность работы.

Выбор программного обеспечения Autodesk Inventor обусловлен тем, что программа для проектирования идеально представлена для создания сложных сборок, имеет интегрированные средства проектирования литых деталей, а также симуляция нагрузок прямо в интерфейсе [1]. Программа автоматизирует создание чертежей по модели и поддерживает стандарты ЕСКД и ISO, что делает ее эффективным решением инженерных задач [3].

В процессе разработки параметрической модели корпуса робота в Autodesk Inventor важным этапом стало создание базовой геометрии с учетом взаимозависимых параметров [1,2]. Такой подход позволяет легко подстраивать конструкцию под разные компоненты, исключая необходимость повторного проектирования при изменении размеров или размещения элементов (рис.1).

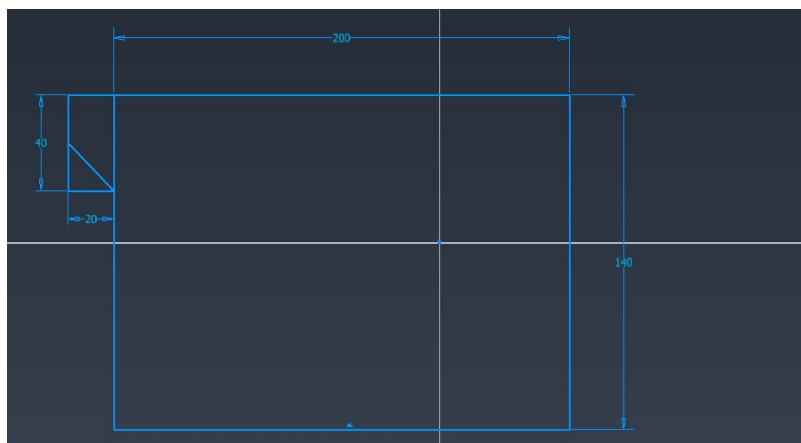


Рис.1.Эскиз

Конструирование велось с использованием системы ограничений и связей, что гарантирует сохранение корректных взаимных расположений узлов при изменении параметров [1]. Были учтены функциональные особенности, включая посадочные места для основных модулей, вентиляционные отверстия и соединительные элементы, благодаря чему обеспечивается удобство сборки и обслуживания (рис.2 и 3).

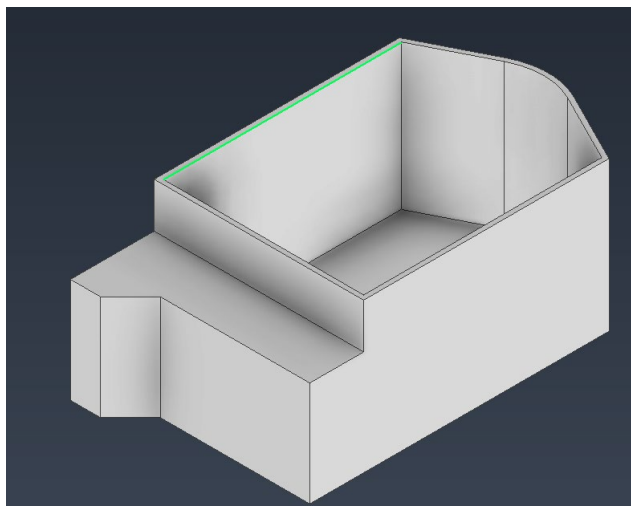


Рис.2. Вид корпуса

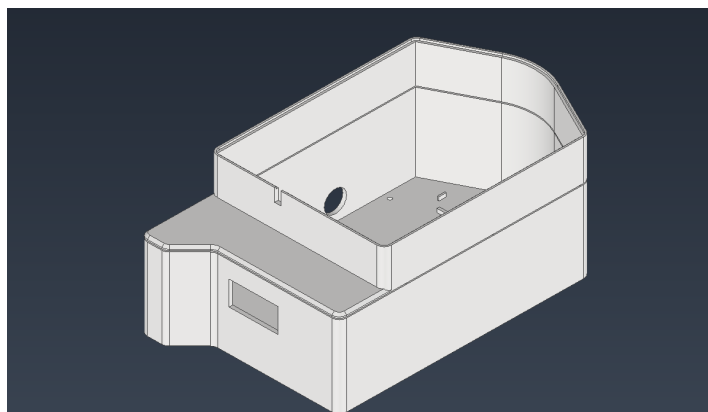


Рис.3.Разделение корпуса

Виртуальные испытания модели позволили оценить прочность и тепловой режим, выявляя потенциальные слабые места, что позволило устранить их на этапе проектирования [1]. После оптимизации геометрии за счет возможностей Autodesk Inventor была обеспечена возможность экспорта файлов в форматах STL с уже настроенным качеством финальной модели, что позволяет быстро переходить к изготовлению прототипов корпуса методом 3D-печати (рис.4).

Данный подход на базе параметрического моделирования и встроенных инструментов автоматизации проектирования сокращает сроки создания универсальной платформы, повышает ее адаптивность к разным задачам и условиям

эксплуатации, а также ускоряет переход от проектирования к физической реализации (рис.5).

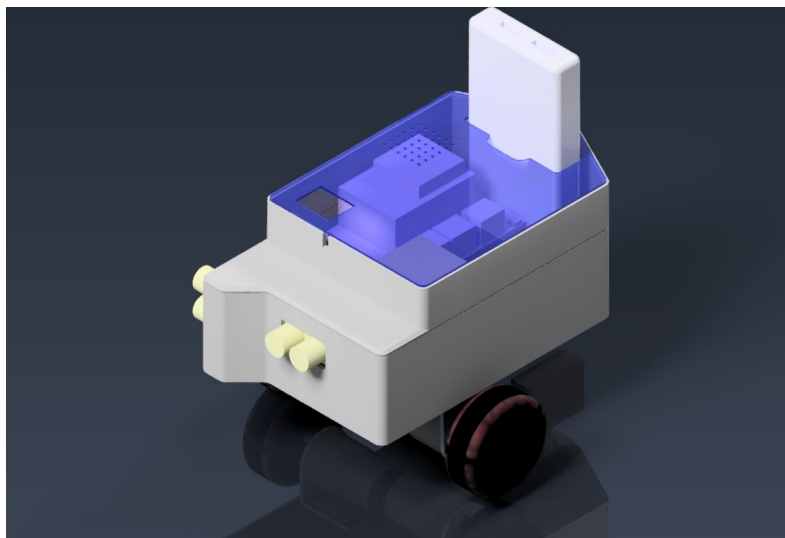


Рис.4. Результат



Рис.5.Результат печати

В ходе работы был успешно разработан итоговый корпус методом 3D-печати на гибридном промышленном пятиосевом принтере Stereotech HYBRID 530, применяющем технологию 5D Tech [4,5]. Эта технология повышает прочность напечатанных изделий до 300%, значительно сокращая количество поддержек и время печати до 80% [4,5]. Принтер оснащен дополнительной рабочей платформой с подогревом, что позволяет также использовать его как классический 3D-принтер [4].

Для печати использовался пластик PLA, обеспечивающий прочность и легкость конструкции (рис.5). Практическую проверку корпус прошел на полигонах

«Движение по городу» и «Ледовый вызов», где была подтверждена его функциональность, универсальность и удобство. Стабильная работа электронных компонентов даже при интенсивном использовании достигается за счет модульной архитектуры и эффективной вентиляции. Это приводит к существенному повышению производительности и снижению затрат при разработке робототехнических платформ, как для образовательных, так и для прикладных задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузненков В.Н, Журбенко П.А, Винцулина Е.В Трехмерное моделирование деталей и выполнение электронных чертежей– Издательство: “ДМК Пресс” , 2017.– С.124.
2. Мезенцева А.Ю, Куций Д.Н AUTODESK FUSION 360: Создание эскизов и параметрическое трехмерное моделирование деталей: учебное пособие по дисциплине «Цифровизация инженерной деятельности» для направлений подготовки «Информатика и вычислительная техника», «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» и «Программная инженерия».– Издательство: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.Платова, 2022.– С.152.
3. Тульев В.Н AutoCAD 2010. От простого к сложному. Пошаговый самоучитель.– Издательство: “СОЛОН–Пресс”, 2009.– С.352
4. Официальный сайт Stereotech [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://5dtech.pro/printers/hybrid>
5. Кривинченко А.А, Линьков Д.П 5D-принтеры, разработка, перспективы использования // XVI Всероссийская научно-практическая студенческая конференция, 19 – 20 апреля 2023г, Издательство : Волгоградский государственный технический университет , 2023. –С. 140–144.

© С. А.Мартынов, А. Денисенко, М. С. Аристов, 2026

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУННЕЛЯ ДНЕВНОГО СВЕТА

В настоящее время оптическое приборостроение активно развивается не только в военном направлении, но и в гражданском. Разрабатываются различные устройства, которые упрощают повседневную жизнь человека. В связи с высокой стоимостью и большими затратами на электропотребление, было разработано устройство, позволяющее использовать солнечный свет непосредственно в зданиях. Оно представляет собой купол, встроенный в крышу, куда поступает дневной свет. Далее лучи попадают на светоотражающую трубу, и поступает в помещение, проходя через рассеиватель. Благодаря наличию рассеивателя в плафоне помещение равномерно освещается дневным светом.

Данная конструкция практична для помещений, где по техническим причинам невозможна или непрактична установка традиционных фасадных или мансардных окон. Их можно установить для освещения чердачных, подсобных помещений, ванной комнаты, гаражей. Туннели дневного света экологичны и не требуют электричества. Эти устройства могут служить как основным, так и дополнительным источником света в вечернее время.

Целью работы было сконструировать туннель дневного света. Для этого была создана 3D модель устройства (рисунок 1).

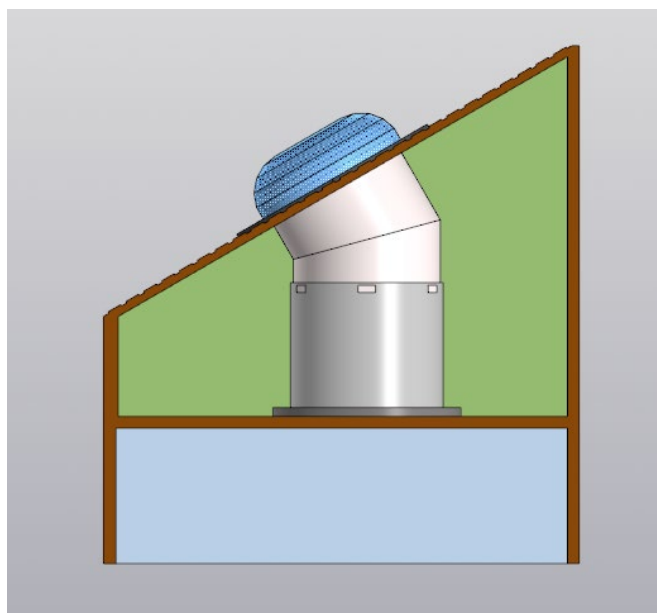


Рис. 1. Модель туннеля дневного света

С точки зрения оптического приборостроения, принцип действия данного туннеля основан на оптическом явлении полного внутреннего отражения света.

Свет, поступающий под углом больше критического, многократно отражается о границы оболочки и распространяется вдоль светопроводной шахты. По такому же принципу работают световоды. Либо можно использовать трубы с зеркальным напылением внутри.

В качестве купола (рисунок 2) разработана полусфера из полиметилметакрилата (ПММА), представляющую собой линзу Френеля – оптическую деталь со сложной ступенчатой поверхностью. ПММА является лёгкой и прочной альтернативой стеклу, обладая высокой ударопрочностью, хорошей светопропускаемостью и устойчивостью к атмосферным воздействиям. Типичная линза Френеля состоит из концентрических кольцевых сегментов, каждый из которых имеет определенный угол наклона поверхности и свой угол преломления. Такие линзы позволяют эффективно собирать солнечный свет, направлять его вдоль оси трубы без сильной фокусировки и распределять его по большим площадям. Чтобы сформировать большой угол захвата светового пучка, был подобран диаметр линзы Френеля, равный 300 мм.

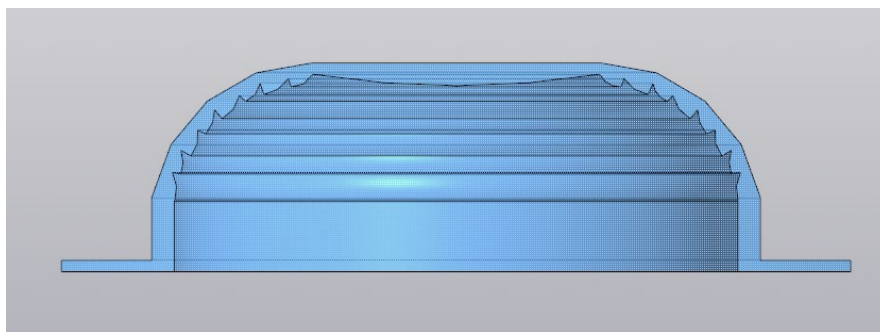


Рис. 2. Купол

Световая шахта представляет собой металлическую трубу с отполированной внутренней поверхностью, изготовленную из металлизированного полиэстера. Внутренний диаметр трубы был выбран 290 мм. Это стандартный размер, который подходит для монтажа купола, обеспечивая достаточно места для крепления линзы на торце трубы и свободного прохождения светового пучка лучей.

При создании модели решено дополнительно установить солнечную панель (рисунок 3) на рассеиватель изготовленный из акрила, представляющий собой светильник с диодами. Диаметр плафона выбран 135 мм. Днем солнечная панель преобразует солнечный свет в электричество, которое накапливается в аккумуляторе. С наступлением темноты или при недостаточном освещении аккумулятор питает энергией светодиодную лампу. Это обеспечивает полную энергонезависимость и позволяет экономить на электроэнергии. Для примера рассмотрим аккумулятор с напряжением 3,7 В и ёмкостью 3600 мАч. Если лампа потребляет 1 Вт, то теоретическое время ее работы составит около 9 часов. Это позволяет уменьшить светопотери и повысить производительность туннеля дневного света.

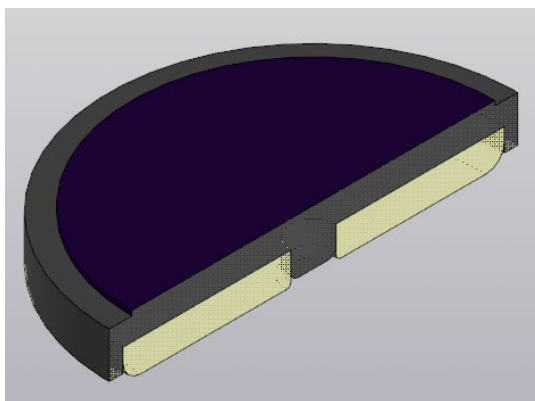


Рис. 3. Светильник

Туннели дневного света подходят не для всех регионов России. Их эффективность зависит от географической широты, климата и продолжительности светового дня. Таким образом, их практичнее всего устанавливать в городах с высокой солнечной активностью и мягкими зимами. К ним можно отнести: Краснодар, Сочи, Астрахань, Анапа, Ялта и другие.

© А. С. Загорюлько, Е. Е. Кузнецова, 2026

И. С. Мурашко, В. А. Ключкина, А. В. Ключкин

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПУСА МЕДИАКОНВЕРТЕРА С МОНИТОРОМ КОНТРОЛЯ

Современная инженерия переживает фундаментальную трансформацию, движимую внедрением передовых технологий. Использование бумажных чертежей в инженерии приводило к длительному процессу разработки, при котором ошибки могли быть обнаружены только при изготовлении детали, что требовало полного пересмотра проекта. Сегодня на смену бумажным чертежам пришло 3D-моделирование. Теперь любую деталь сначала можно создать в виде точной трехмерной модели. Это позволяет наглядно рассмотреть деталь со всех сторон, проверить ее взаимодействие с другими компонентами сборки и проанализировать пороговые нагрузки, чтобы исключить недочеты.

Целью данной статьи является проектирование корпуса медиаконвертера с монитором контроля, задачей которого является преобразование полученного цифрового сигнала в выходной аналоговый с отображением качества передачи на жидкокристаллическом дисплее. Проектирование такого устройства предъявляет комплекс требований, что включают в себя обеспечение жесткости конструкции для защиты электронных компонентов, организацию эффективного охлаждения микросхем, точное нахождение разъемов, а также эргономичное размещение ЖК-дисплея и органов управления для удобства оперирования.

Проектирование корпусов для электронных устройств стало распространенной задачей, которая заключается в компоновке всех компонентов устройства в единое целое. Корпус служит защитной конструкцией для микросхем, предохраняя их от ударов, вибрации и других механических повреждений [1]. Он также обеспечивает правильное расположение органов управления и элементов индикации.

Исходной точкой послужил анализ технических требований, где важными параметрами являются габариты электронных компонентов, тепловой баланс и эргономика оперативного взаимодействия с пользователем. Особое внимание уделяется созданию системы вентиляции для отвода избыточного тепла, выделяемого компонентами при их работе.

В процессе разработки выбрана схема, учитывающая сочетание литого пластикового корпуса с радиатором расположенной на одной из микросхем. По-простому корпус состоит из базисной емкости и крышки, образующих место для размещения микросхем. Система, позволяющая закрепить все элементы, включает в себя винтовые полости узлов. В верхней части крышки и по бокам расположены зоны с отверстиями, создающими путь для вентиляции потоков воздуха.

С использованием специального инструмента-конструктора 3D корпусов и панелей приборов была определена оптимальная форма корпуса с учетом высоты комплектующих [2]. Это можно рассмотреть на рисунке 1.



Рис.1. Расчет оптимальных габаритных размеров корпуса

После этого можно приступить к созданию непосредственно самой модели. Для реализации поставленных целей была создана 3D деталь в программе САПР КОМПАС 3D, что позволило эффективно реализовать все этапы разработки [3]. Программа позволила использовать все доступные инструменты редактирования начиная с линий построения начального эскиза до использования дополнительных операций по стачиванию граней корпуса.

На рисунке 2 можно видеть спроектированное основание корпуса, представляющее собой цельную литую конструкцию, имеющую переднюю, заднюю и две небольшие боковые стенки, необходимые для соединения верхней крышки путем винтового соединения.

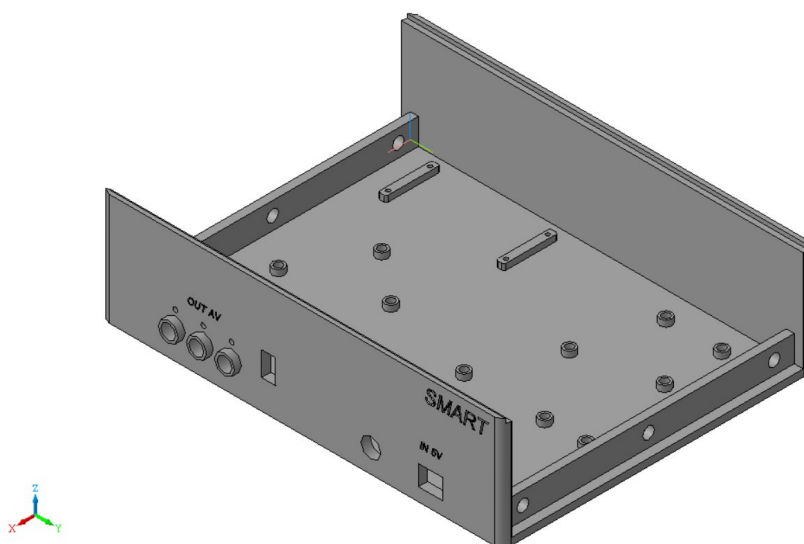


Рис.2. Результат проектирования основания корпуса устройства

Как можно видеть корпус имеет в себе основание для расположения электронных компонентов и микросхем, что можно заметить по винтовым подложкам. Данные подложки выполняют роль подставки для фиксации компонентов на своих местах. Кроме того, они снижают нагрев плат, поскольку предотвращают их прямой контакт с основанием корпуса. Толщина основания и боковых стенок составляет 4 мм. Основание корпуса снабжено системой крепежных элементов, где по бокам находятся пластины с шестью симметричными винтовыми отверстиями диаметром 5 мм для соединения с верхней крышкой.

На следующем рисунке 3 можно подробнее рассмотреть проделанные вырезы как под элементы управления пользователем (кнопка включения), так и вырезами под входные и выходные порты.

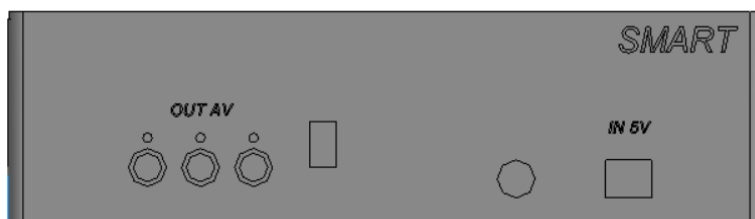


Рис.3. Передняя панель корпуса

Стенка содержит в себе важные интерфейсные элементы. По стандартным посадочным местам размещены вырезы для размещения разъемов цифрового входного интерфейса и аналогового AV-выхода. Рядом находится разъем для порта подключения внешнего источника питания. Примерно по центру с учетом размера располагается посадочное место для фиксации в нем кнопки питания.

Рассмотрим верхнюю крышку, представленную на рисунке 4, которая является второй интерактивной и соединительной частью всего устройства.

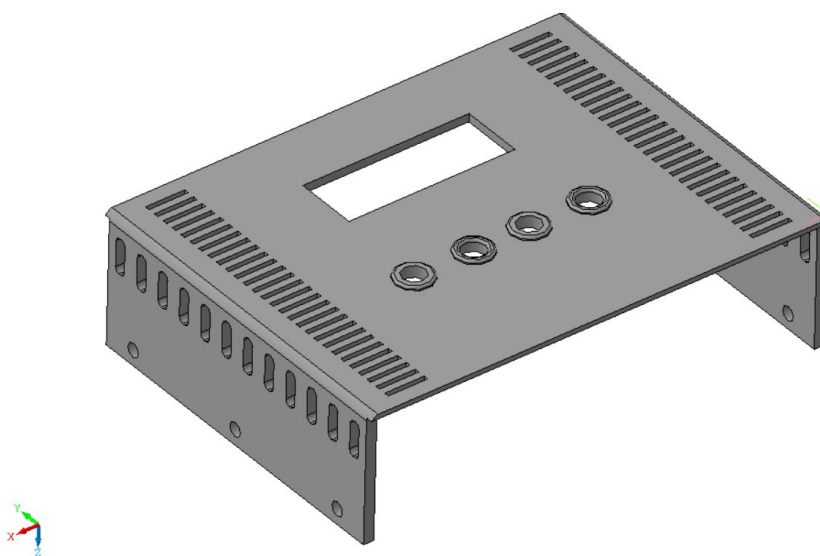


Рис.4. Результат проектирования верхней крышки корпуса

Верхняя часть выполнена с учетом интерактивного использования. В ее верхней части расположен прямоугольный вырез для установки жидкокристаллического дисплея. Ниже расположены отверстия для размещения кнопочных элементов. По бокам расположены зоны, необходимые для вентиляции внутренней части устройства во избежание перегрева. Размеры щелей составляют 2мм, что достаточно для выхода горячего воздуха и предотвращения попадания крупных частиц сверху. По бокам расположены также вентиляционные отверстия для циркуляции воздуха.

Воспользовавшись программой Ultimate Cura можно распечатать на 3D принтере основание корпуса. Данный слайсер выбран благодаря простоте реализации 3D печати и быстрой настройке рабочего стола и печатающего устройства [4]. Отличительной чертой является генерация поддержек для отливания выступающих участков корпуса. Нарезку на слои можно рассмотреть на рисунке 5.

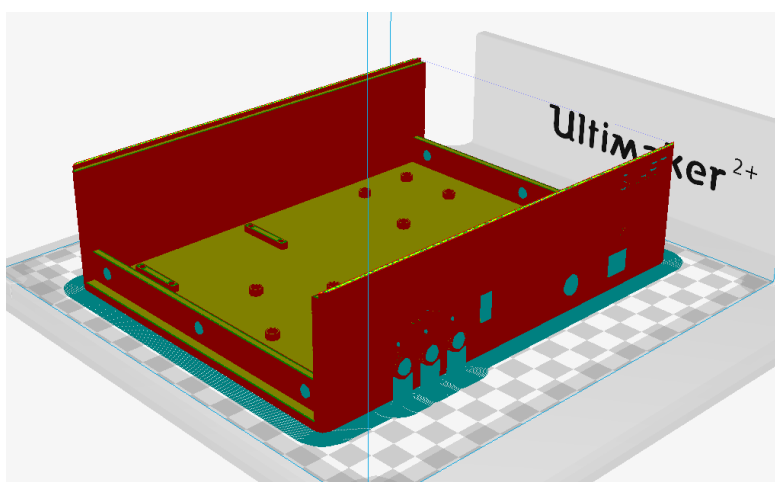


Рис.5. Процесс нарезки на слои основания корпуса

Дополнительно можно настроить температуру сопла (по умолчанию 120 °С), скорость движения рабочего стола и печатающей головки, а также включить или отключить генерацию поддержек (рисунок 6).

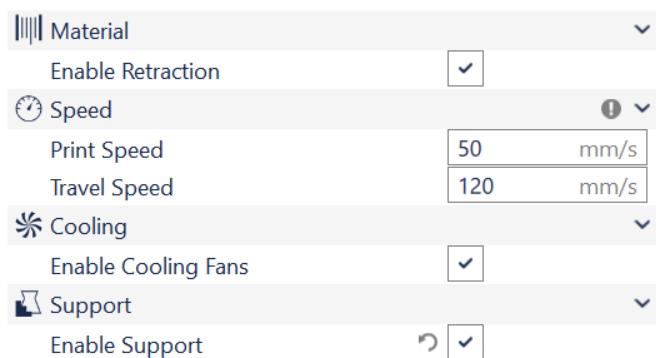


Рис.6. Настройки 3D печати

Аналогично разместив в рабочую область крышку, после чего выполнив операцию нарезки на слои получается готовая к 3D печати деталь, что можно заметить на рисунке 7.

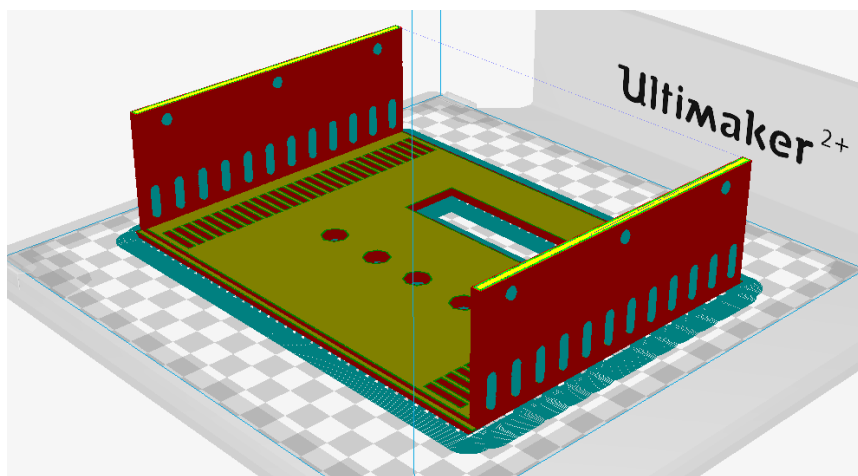


Рис.7. Процесс нарезки на слои верхней крышки корпуса

Режим печати с переменной плотностью заполнения обеспечивает высокую плотность в зонах креплений и решетчатую структуру в центре корпуса для сокращения времени изготовления.

В рамках данной статьи успешно реализован процесс проектирования и подготовки к печати корпуса для устройства медиаконвертера с монитором контроля. Данная работа наглядно показывает эффективность использования инструментов 3D моделирования для решения практических задач. С использованием CAD системы имеется возможность создать точную геометрическую модель необходимой детали. Разработанный корпус выполняет функцию защитной оболочки, предназначенной для точного позиционирования электронных компонентов. Применение программного обеспечения для слайсинга подтвердило возможность оперативного экспорта модели, ее послойного разделения и последующего использования в аддитивном производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Как спроектировать корпус для прибора. Полное руководство. – URL: <https://habr.com/ru/articles/476384/?ysclid=mhccyта8о42183399> (дата обращения: 27.10.2025).
2. 3D конструктор корпусов и панелей приборов. – URL: <https://radioskot.ru/calc/3d-konstruktor-korpusov-i-panelej-priborov?ysclid=mhccyd83y6787764157> (дата обращения: 28.10.2025).
3. Руководство по использованию КОМПАС 3D. URL: <https://lumpics.ru/how-to-use-kompas-3d/?ysclid=mhd34t1t54445911025> (дата обращения: 28.10.2025).
4. Учебник по Cura 3D. Полная инструкция по использованию. URL: <https://3dpt.ru/blogs/support/cura?ysclid=mhd33gr4zh404840264> (дата обращения: 29.10.2025).

РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕНАЖЕРА ПО ОСНОВАМ ЭЛЕКТРОМОНТАЖА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ

Введение

Современное образование характеризуется активным внедрением цифровых технологий, что открывает возможности для освоения практико-ориентированных дисциплин, таких как уроки технологий (труды).

Занятие «электромонтаж» на уроках технологий относится к дисциплинам с рисками, не уступая занятию «обработка материалов». Риски традиционного обучения на данных занятиях обусловлены возможностью поражения электрического тока, порча инструментов и оборудования. Эти факторы существенно ограничивают возможности полноценной практике подготовки в школьных условиях.

Использование 3D технологий и интерактивных симуляторов позволяет миновать большую часть ограничений, подготовив учащихся к бережной и безопасной работе в опасной среде перенеся в безопасную среду. Данная среда позволяет сформировать базовые навыки переноса теоретическую часть в практическую.

Цель данной работы – создание набора трехмерных моделей элементов электрооборудования (розеток, выключателей, гильз, винтов и др.), которые в дальнейшем станут частью интерактивного тренажера по основам электромонтажа.

Задачи:

- анализ и отбор моделей для сценариев;
- разработка 3D-моделей;
- подготовка моделей к экспорту;
- развертка UV-координат и наложение текстур;
- разработка взаимодействия в среде разработки Unity;
- разработка интерактивных сценариев;
- тестирование.

Обоснование выбора программного обеспечения

Моделирование элементов электрооборудования осуществляется в системе автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D. Выбор данного программного обеспечения (ПО) обеспечивается его инженерной точностью и параметризацией элементов, что позволяет в пару кликов изменять размеры сохраняя геометрическую и сопряженную связь между элементами. Это делает САПР особенно удобной для построения технических объектов, требующих

строгого соблюдения пропорций и размеров, таких элементов как винты, корпуса розеток и выключателей.

В качестве формата для экспортирования используется формат STL, являющийся отраслевым стандартом для полигональных сеток сохраняя математическое представление объекта. Данный формат используется везде, где необходимо сохранить математическую точность, например, для архитектурных решений, печати на 3D принтерах или станках и т.д. Данный формат гарантированно открывается в программах для трехмерной графики, такие как Blender.

Следующим этапом моделирования является оптимизация полученной модели для дальнейшей интеграции в игровой движок Unity.

Для решения данной задачи, был выбран Blender 3D, являясь открытым ПО, имеет множество инструментов для работы с полигональной сеткой, в том числе и в работе над UV-разверткой, материалами и текстурами. В этот этап входит следующие задачи:

- оптимизация полигональной сетки, если КОМПАС-3D при экспортировании в STL допустит сложную неоптимизированную сетку;
- настройка UV-развертки для корректного отображения текстур.

Завершающим этапом разработки станет интеграция готовых моделей из Blender 3D в игровой движок Unity. В данной среде будет реализована интерактивная часть тренажера:

- программирование логики взаимодействия пользователя с объектами;
- создание сценариев упражнений;
- разработка пользовательского интерфейса.

Состав моделей и исходные материалы

Для учебного модуля «Электромонтаж» в школьных курсах технологии используется ограниченный набор элементов, необходимый для выполнения базовых лабораторных работ.

В рамках проекта планируется разработка следующих моделей:

- внешний источник питания (розетка, аккумулятор) – элемент подачи электрического тока;
- выключатель клавишного типа – элемент размыкания и замыкания электрической цепи;
- зажимная гильза – элемент соединения проводов;
- коннектор с тумблерным переключателем – элемент изменения направления электрической цепи;
- лампа – элемент, излучающий свет при прохождении электрического тока.

Процесс моделирования и результаты

Основой для моделирования служат схематические чертежи, референсные изображения или физические образцы.

КОМПАС-3D использует метрическую систему измерения (миллиметры), что позволяет точно задавать параметры моделей.

Первый этап моделирования заключается в построении базового контура в двухмерном эскизе и формировании объема с использованием операции «Элемент выдавливания» (рис. 1).

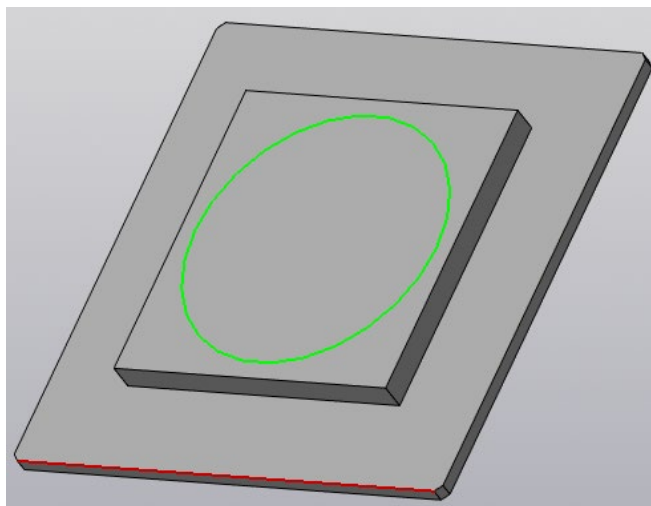


Рис. 1. Первый Этап моделирования

Второй этап связан с усложнением модели с использованием операций «Массив по сетке», «Зеркальный массив» и вырезов. На выбранных гранях создаются новые эскизы, после чего применяется операция «Вырезать выдавливанием» (рис. 2).

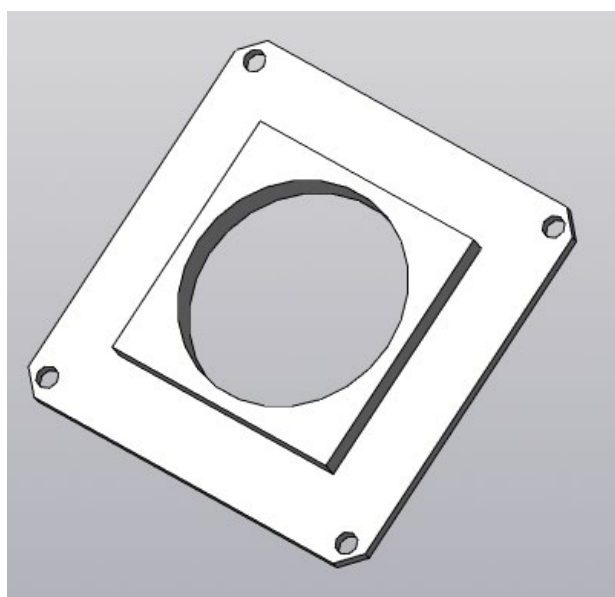


Рис. 2. Вырезать выдавливанием

Третий этап включает создание параметрических переменных для ключевых размеров модели. Это позволяет изменять параметры элементов и автоматически обновлять связанные объекты при использовании общих переменных (рис. 3).

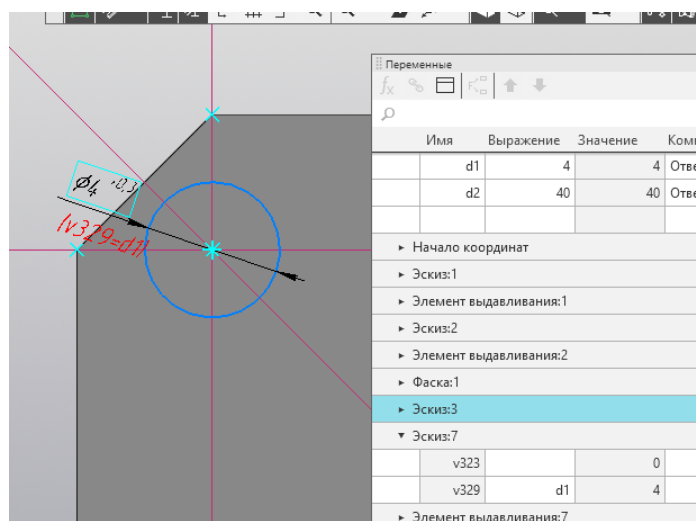


Рис. 3. Проставлением переменных

Заключение

В ходе работы выполнен комплекс задач, направленных на создание основы интерактивного тренажера по электромонтажу для школьников:

- проведен анализ и определен перечень компонентов;
- разработан процесс параметрического моделирования;
- определена и протестирована технологическая цепочка разработки.

Модели созданы в среде КОМПАС-3D и подготовлены к дальнейшей обработке. Следующим этапом станет их перенос в Blender для текстурирования и последующая интеграция в Unity для реализации логики взаимодействия и учебных сценариев.

Полученные результаты формируют основу интерактивного тренажера по электромонтажу, позволяющего школьникам безопасно осваивать базовые операции и знакомиться с принципами работы электрических систем.

© Л. А. Мороз, 2026

Р. Е. Калиакпаров

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

МОБИЛЬНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LIDAR В СМАРТФОНЕ

Введение

Современные технологии трёхмерного лазерного сканирования широко применяются в горнодобывающей промышленности для контроля геометрии выработок, оценки устойчивости кровли, подсчёта объёмов добытой или обрушившейся горной массы, а также для документирования состояния горных сооружений.

Традиционно для этих целей используются специализированные лазерные сканеры, обеспечивающие высокую точность измерений и плотность точек. Такие устройства отличаются высокой стоимостью, требуют специальной подготовки оператора и не всегда доступны на удалённых или временных участках горных работ.

На практике возникают ситуации, когда оперативно требуется получить трёхмерную модель участка выработки – например, для оценки состояния кровли после проведения оборки, то есть после удаления нависающих или ослабленных пород, представляющих опасность для горняков и оборудования, контроля объёмов обрушения, планирования крепёжных мероприятий или составления отчётной документации. Если в этот момент профессионального сканирующего оборудования нет под рукой, возникает необходимость поиска альтернативных способов съёмки.

Одним из таких решений является использование встроенных LiDAR-сенсоров, присутствующих в современных моделях смартфонов. В частности, смартфон iPhone 16 Pro оснащён компактным лазерным сканером, предназначенным для оценки расстояний и построения пространственных моделей. Хотя точность таких сенсоров значительно уступает стандартным геодезическим приборам, их использование может быть оправдано для экспресс-съёмки и предварительных расчётов.

В рассматриваемом случае потребность в измерениях возникла после проведения оборки кровли и установки самозакрепляющихся анкеров с армокаркасом. При визуальной оценке состояния кровли возникло предположение, что объём выпавшей горной массы оказался существенно больше ожидаемого. Для уточнения ситуации было принято решение выполнить 3D-сканирование участка с помощью LiDAR-датчика смартфона.

Таким образом, целью работы является исследование возможности применения LiDAR-сканера iPhone 16 Pro для оперативного сканирования горной выработки и расчёта объёма выпавшей горной массы в условиях отсутствия стандартного геодезического оборудования.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Выполнить сканирование участка кровли с помощью встроенного LiDAR-сенсора смартфона.
2. Обеспечить геодезическую привязку полученных данных с использованием марок с известными координатами.
3. Обработать полученное облако точек и рассчитать объём выбравшейся горной массы.
4. Оценить точность и практическую применимость предлагаемого способа съёмки для подземных условий.

Практическая часть

Сканирование выполнялось в подземной горной выработке после проведения оборки кровли и установки самозакрепляющихся анкеров с армокаркасом. После визуального осмотра возникло подозрение, что объём выпавшей горной массы оказался значительно выше прогнозного. Необходимость в определении фактического объёма появилась для уточнения данных по устойчивости кровли, а также для оценки объёма вывезённой горной массы [1, 2].

Поскольку на участке в момент осмотра отсутствовал профессиональный лазерный сканер, было принято решение использовать встроенный LiDAR-сканер смартфона iPhone 16 Pro. Основная задача исследования заключалась в том, чтобы проверить, можно ли получить достаточно точную трёхмерную модель выработки и на её основе рассчитать объём обрушения [3].

Перед началом измерений были выполнены следующие подготовительные мероприятия:

На стенах и кровле в зоне съёмки были наклеены ориентирные марки (самоклеющиеся метки контрастного цвета, рис. 1), предназначенные для последующей калибровки и геодезической привязки модели.



Рис. 1. Отражающая марка 50 мм на 50 мм.

Координаты марок определены с помощью тахеометра Leica TS10, рис. 2, привязанного к существующей маркшейдерской сети выработки. Это позволило задать пространственную систему координат, в которой впоследствии можно было «посадить» облако точек, полученное при сканировании.



Рис. 2. Тахеометр Leica TS10.

3. Для улучшения качества съёмки и распознавания поверхностей сканером было проведено дополнительное освещение участка съёмки.

Сканирование выполнялось с помощью приложения 3D Scanner App (или аналогичного), поддерживающего работу с LiDAR-сенсором и экспорт облака точек в форматах .PLY, .LAS или .OBJ.

Параметры и особенности сканирования следующие:

- дальность действия LiDAR: до 5 м;
- средняя квадратическая ошибка измерения расстояний составляет 5-6 см при стабильном положении устройства;
- плотность точек при медленном проходе, в среднем, равно 30-60 тыс. точек на 1 м²;
- угол охвата: 120° по горизонтали и 90° по вертикали;
- время сканирования участка: около 5 минут [4].

Сканирование выполнялось по схеме «обхода» участка кровли: оператор двигался вдоль выработки, медленно перемещая смартфон, чтобы обеспечить перекрытие между соседними облаками точек. Особое внимание уделялось зонам, где наблюдались признаки обрушения и неровности поверхности.

После завершения съёмки данные были сохранены и экспортированы для последующей обработки.

На этапе обработки использовались программные пакеты CloudCompare [5].
Последовательность действий была следующей:

1. Импорт облака точек из приложения в CloudCompare (рис. 3).

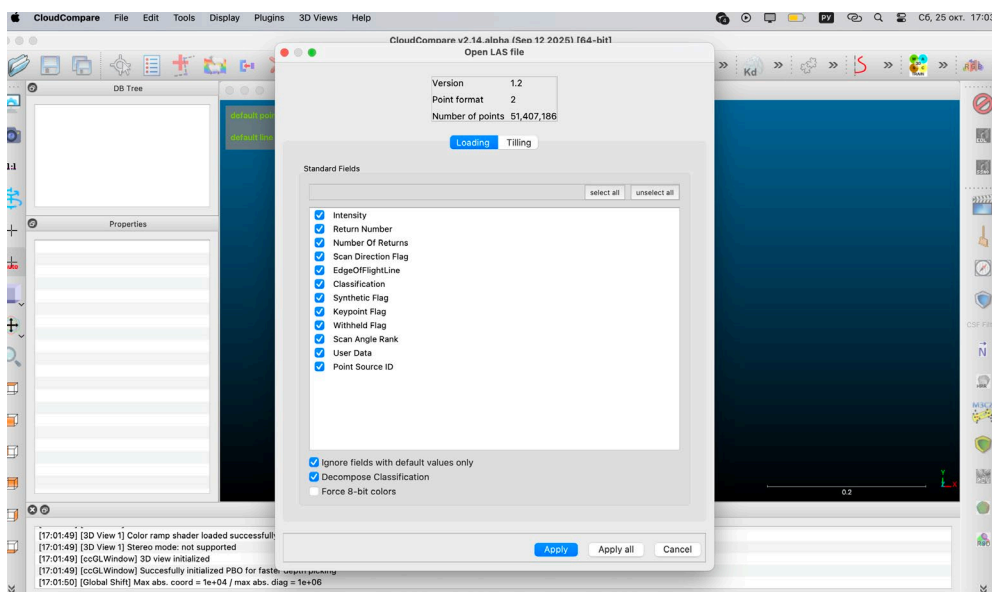


Рис. 3. Импорт облака точек в CloudCompare

2. Очистка данных от шумов и лишних элементов (например, лишних точек) (Рис. 4).

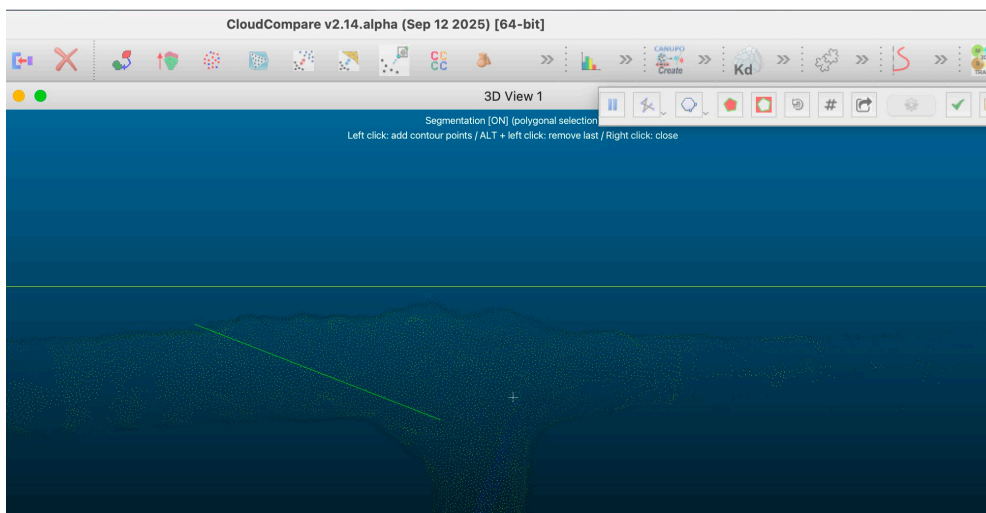


Рис. 4. Импорт облака точек в CloudCompare

3. Совмещение с геодезической основой – по координатам ориентирных марок, ранее измеренных тахеометром (Рис. 5, 6) [6].

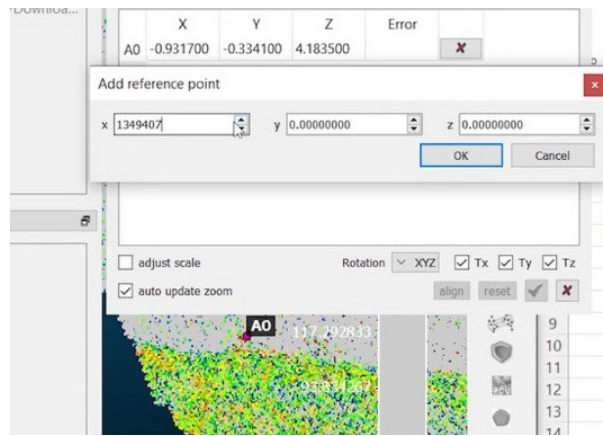


Рис. 5. Совмещение по координатам ориентирных марок

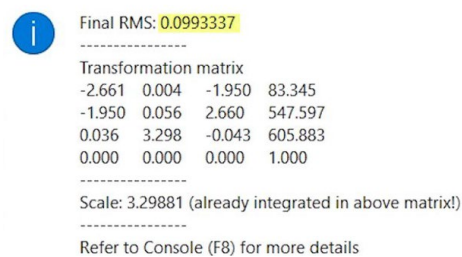


Рис. 6. Результат привязки

4. Построение поверхности кровли и границ обрушения (Рис. 6).

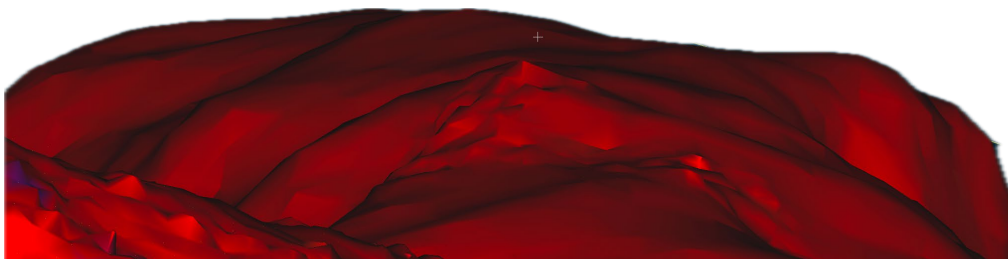


Рис. 6. Построенная поверхность кровли

5. Сравнение исходной (до обрушения) и фактической поверхностей по данным предыдущих измерений и текущего сканирования в ПО Micromine.

6. Расчёт разности объёмов между этими поверхностями для определения объёма выпавшей горной массы [7].

В результате обработки полученных данных была построена трёхмерная модель участка кровли.

После совмещения и анализа поверхностей программа выдала расчётный объём выпавшей горной массы – около 20 м³.

Сопоставление с визуальными наблюдениями и контрольными замерами (с помощью мобильного лазерного сканера GeoSlam Zeb-Horizon) показало, что значение объёма адекватно и соответствует реальной картине (рис 7, 8).

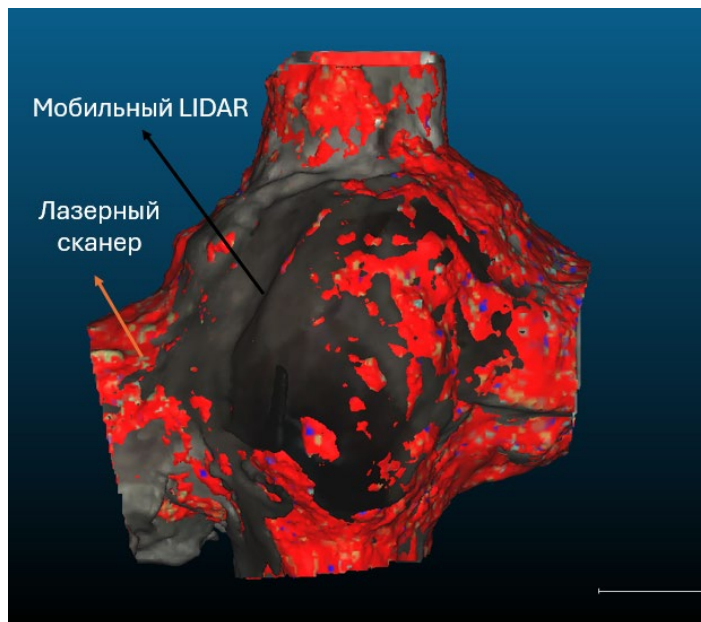


Рис. 7. Сравнение поверхностей. Вид в плане

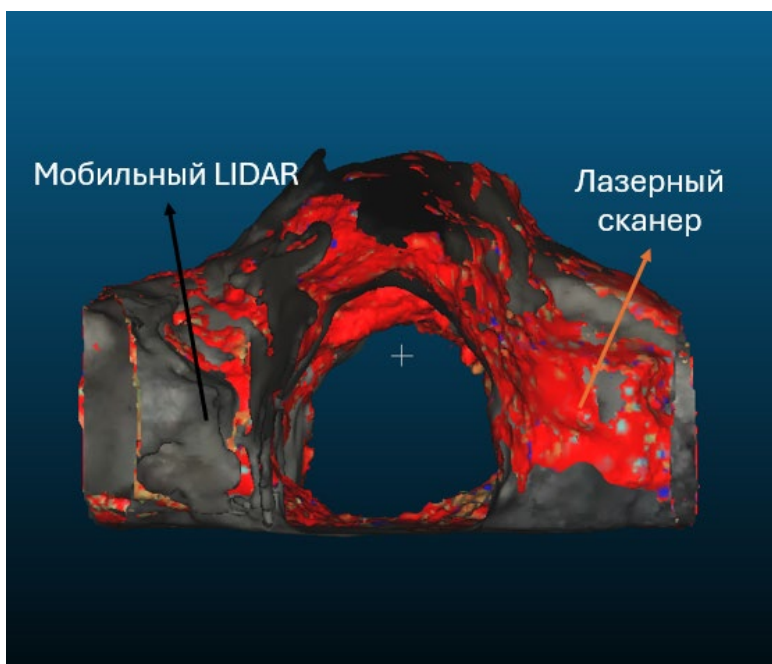


Рис. 8. Сравнение поверхностей. Вид сбоку

Погрешность, обусловленная использованием непрофессионального LiDAR, оценивается в пределах 10–15 %, что является допустимым для предварительной оценки объёмов в производственных условиях.

Заключение

Проведённое исследование показало, что применение встроенного LiDAR-сканера мобильного устройства может быть эффективным инструментом для экспресс-оценки состояния горных выработок и расчёта объёмов обрушений. Несмотря на то, что точность полученных данных уступает профессиональным лазерным системам, результаты сканирования обеспечили достаточную детализацию геометрии участка и позволили получить достоверное значение объёма выпавшей горной массы.

Выполненная методика измерений, включающая подготовку выработки, калибровку модели по геодезическим меткам и последующую обработку облака точек, доказала свою практическую применимость в производственных условиях. Полученные данные могут использоваться для оперативного анализа устойчивости кровли, уточнения объёмов погрузки и корректировки маркшейдерской документации.

Таким образом, опыт использования мобильного LiDAR-сканера подтвердил возможность его применения в качестве вспомогательного инструмента при проведении горно-маркшейдерских наблюдений, особенно в ситуациях, когда доступ к специализированному оборудованию ограничен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов А. В., Лаптев С. В., Мещеряков Р. В. Применение лазерного сканирования при маркшейдерском обеспечении горных работ // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2018. – № 2. – С. 92–101.
2. Глебов В. Г., Еремеев С. В. Использование облаков точек для анализа устойчивости подземных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 10. – С. 118–124.
3. Токарев А. А., Беляев А. Н. Оценка точности мобильных LiDAR-систем при инженерно-геодезических съёмках // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 45–55.
4. Apple Inc. iPhone 16 Pro: LiDAR Scanner Technical Specifications [Electronic resource]. – Mode of access: <https://support.apple.com> (accessed: 25.10.2025).
5. CloudCompare (3D point cloud and mesh processing software) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.cloudcompare.org> (accessed: 25.10.2025).
6. Мартынов И. П., Киселёв А. С. Методы цифровой обработки облаков точек при контроле геометрии горных выработок // Горная промышленность. – 2019. – № 5 (147). – С. 64–69.
7. ISO 19111:2019. Geographic information – Referencing by coordinates [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.iso.org/standard/74039.html> (accessed: 25.10.2025).

© П. Е. Калиакпаров, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

К. С. Батырова, А. Р. Федоренко. СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОДАННЫХ ПО ТЕПЛОВЫМ ОСТРОВАМ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ.....	4
Е. А. Максимова. РАЗРАБОТКА СОПРЯЖЕННОГО СО СМАРТФОНОМ УСТРОЙСТВА С РЕГУЛИРОВКОЙ БАЗЫ ДЛЯ СТЕРЕОФОТОГРАФИИ	7
Д. И. Исаков. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РС-МОДЕЛИЗМА.....	13
К.Д. Антонников, К.Д. Кайгородов. ВИРТУАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ ARTHISTORY	20
Л. Л. Ибраева. СИСТЕМА ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ КУЛИНАРИИ	25
Т. С. Шевцова, К. С. Мьельникова. ТЕСТИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ UNREAL ENGINE ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЗАТЕНЕННОСТИ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ	28
В. З. Балъжинимаева. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО КЛАССА	32
М. А. Мищенко. СОЗДАНИЕ СКЕЛЕТНОЙ МОДЕЛИ РОБОТИЗИРОВАННОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ УЧЕБНОГО СИМУЛЯТОРА АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРОЧНОГО КОНВЕЙЕРА.....	37
А. А. Заркова. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА «ВИРТУАЛЬНЫЙ ПАРК БУДУЩЕГО» В СРЕДЕ UNREAL ENGINE.....	43
Е. А. Чипизубова, Е. А. Лебедев Т. В. Ларина. ПОЛУЧЕНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕВЕРСИВНОГО ИНЖИНИРИНГА	47
О. А. Тышкевич. ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИ И СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА РОБОТОТИЗИРОВАННОГО ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА	51
В. А. Ключкина, А. В. Ключкин. ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В МЕДИЦИНЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ.....	55

В. Р. Костылева, А. Н. Дорошенко. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАНОРАМЫ ГЕРЦА.....	60
С. А. Мартынов, А. Денисенко, М. С. Аристов. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРПУСА РОБОТА В AUTODESK INVENTOR ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧ.....	64
А.С. Загорулько, Е. Е. Кузнецова. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУННЕЛЯ ДНЕВНОГО СВЕТА	69
И. С. Мурашко, В. А. Ключкина, А. В. Ключкин. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОРПУСА МЕДИАКОНВЕРТЕРА С МОНИТОРОМ КОНТРОЛЯ	72
Л. А. Мороз. РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕНАЖЕРА ПО ОСНОВАМ ЭЛЕКТРОМОНТАЖА ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ.....	77
Р. Е. Калиакпаров. МОБИЛЬНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LIDAR В СМАРТФОНЕ	81

Научное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Молодежная научно-практическая
конференция**

20 ноября 2025 года

Сборник научных докладов

Ответственный за выпуск *Т. Ю. Бугакова*

Компьютерная верстка *Я. А. Лесных*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 10.04.2026. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 5,23. Тираж 23. Заказ 46.

Издательско-полиграфический центр СГУГиТ

630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре СГУГиТ

630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.