

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**

7 декабря 2023 года

Сборник научных докладов

Новосибирск
СГУГиТ
2024

УДК 528.952:001.89

И62

И62 Инженерная графика и трехмерное моделирование. Молодежная научно-практическая конференция : сб. научных докладов (7 декабря 2023 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – 70 с. – Текст : непосредственный.
ISBN 978-5-907711-58-7

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 978-5-907711-58-7

© СГУГиТ, 2024

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/>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРОНА С ТЕПЛОВИЗИОННОЙ КАМЕРОЙ

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА); в разговорной речи также беспилотник, дрон – летательный аппарат без экипажа на борту. БПЛА могут обладать разной степенью автономности – от управляемых дистанционно до полностью автоматических, а также различаться по конструкции, назначению и множеству других параметров. Управление БПЛА может осуществляться эпизодической подачей команд или непрерывно. Дроны могут проводить продолжительные миссии в воздухе и не нуждаются в посадке на заправку. Это позволяет осуществлять наблюдение, разведку на больших расстояниях в течение длительного времени.

БПЛА могут решать разведывательные задачи, применяться для нанесения ударов по наземным и морским целям. Они могут использоваться для перехвата воздушных целей, осуществлять постановку радиопомех, доставлять грузы [1].

Также к компетенции БПЛА можно отнести тушение пожаров. Легковесные дроны могут делать облет и осмотр территорий, разведку с высоты (пожарную, инженерную, радиационную, химическую), наведение наземных пожарных и поисково-спасательных групп на объекты поиска, ретрансляцию связи между пожарными, поисково-спасательными группами и пунктами управления. Именно благодаря БПЛА находиться к местам горения можно максимально близко. Минимальное расстояние от земли может составлять сотню метров, максимальное – более 2 километров.

Еще беспилотники оснащаются громкоговорителями и прожекторами, если речь идет о поиске людей во время пожаров в лесной местности. С помощью громкоговорителя спасатели делятся актуальной информацией. Более тяжелые устройства могут оснащать пожарными рукавами, и через лафетный ствол беспилотник может тушить пожар в самых труднодоступных местах.

У некоторых моделей дронов присутствует тепловизионная камера, помогающая находить очаги возгорания раньше, чем обычная съемочная камера.

Тепловизор – устройство для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности.

Тела, температура которых превышает температуру абсолютного нуля излучают электромагнитное тепловое излучение в соответствии с законом Планка. Тела, которые нагревают до температур окружающего нас мира ($-50^{\circ}+50^{\circ}$) имеют максимум излучения в среднем инфракрасном диапазоне (длина волны 7-14 мкм). Также для технических целей интересен диапазон температур до сотен градусов, излучающий в диапазоне 3-7 мкм.

Исторически первые тепловизионные датчики для получения изображений были электронно-вакуумными. Наибольшее развитие получила разновидность на основе видиконов с пироэлектрической мишенью. В данных устройствах

электронный луч сканировал поверхность мишени. Ток луча зависел от внутреннего фотоэффекта материала мишени под действием инфракрасного излучения. Такие приборы назывались пировидикон или пирикон.

Позже появились твердотельные одноэлементные датчики, и для получения двумерного изображения их оснащали электромеханической оптической разверткой. Такие тепловизоры называются сканирующими.

Современные тепловизоры, как правило, строятся на основе специальных матричных датчиков температуры – болометров, которые представляют собой матрицу миниатюрных тонкопленочных терморезисторов. Инфракрасное излучение, которое собирает и фокусирует на матрице объектив тепловизора, нагревает элементы матрицы в соответствии с распределением температуры объекта. Пространственное разрешение болометрических матриц может достигать 1280*720 точек [2].

Обычное оптическое стекло непрозрачно в среднем инфракрасном диапазоне, поэтому оптику тепловизоров делают из специальных материалов. Чаще всего для объектива тепловизора используют германий, иногда используют халькогенидное стекло, селенид цинка, кремний, флюорит.

Задачей разработки является построение сборочной 3D-модели и наглядный показ дрона с тепловизионной камерой. При помощи программы КОМПАС-3D были построены наши модели.

КОМПАС-3D – это российская система трехмерного проектирования, которая стала стандартом для предприятий и сотен тысяч профессиональных пользователей. Данная программа широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного производств в таких отраслях промышленности, как приборостроение, машиностроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, металлургия, промышленное и гражданское строительство, вагоностроение, товары народного потребления [3].

На рис. 1 представлена наглядная 3D-сборка конструкции.



Рис. 1. 3D-сборка дрона с тепловизионной камерой

Модель конструкции дрона состоит из таких элементов, как:

- огнеупорный корпус;
- стандартные пропеллеры;
- бесколлекторные двигатели;
- посадочные шасси;
- полетный контроллер;
- батарея;
- модуль спутниковой навигации, передатчик и приемник;
- тепловизионная камера.

На рисунке 2 изображена 3D – модель тепловизионной камеры.

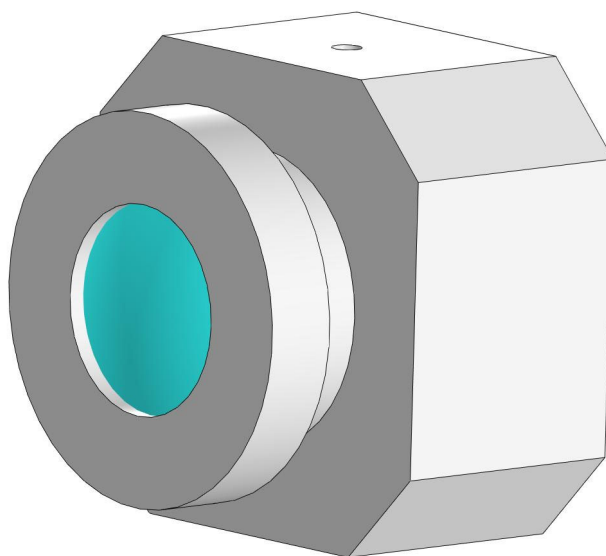


Рис. 2. 3D-модель тепловизионной камеры

Модель тепловизионной камеры состоит из:

- объектива, фокусирующего ИК-излучение, изготовленного из германия
- матрица, преобразующая часть энергии излучения в электрический сигнал
- аккумулятор
- корпус
- программное обеспечение, обрабатывающее данные с матрицы и передающее их на экран в виде изображения

На рисунке 3 изображена тепловизионная камера в разрезе.

В результате подготовки модели дрона с тепловизионной камерой были проанализированы существующие дроны, их конструктивные элементы и оснащение. Предложена модель БПЛА с тепловизионной камерой (диапазон излучения 7 – 14 мкм) с размерами оптической системы 14 × 32 мм. Разработанная модель в целом соответствует общепринятым конструкциям, но требует доработки корпуса и креплений.

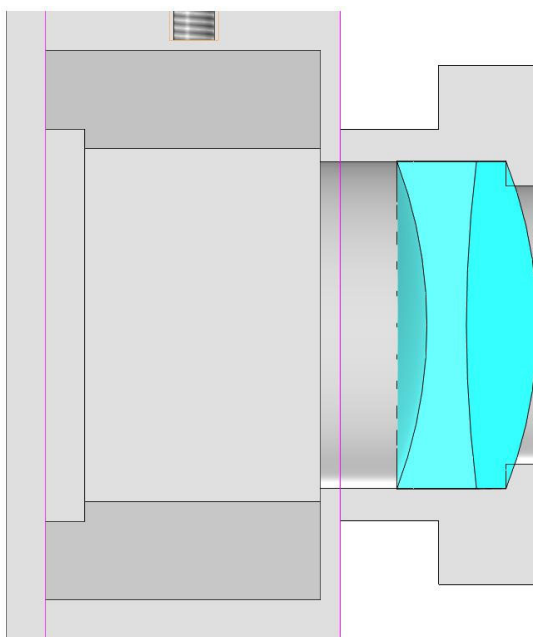


Рис. 3. Тепловизионная камера в разрезе

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кошкин Р.П. Беспилотные летательные аппараты. – М.: Стратегические приоритеты, 2016.– 676 с.
2. Ллойд Дж. Системы тепловидения. – М: Мир, 1978г.
3. Официальный сайт КОМПАС 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/>.

© А. М. Бахтиярова, Е. Д. Моисеева, 2024

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ
В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ SURFER**

Программа Surfer является геоинформационной системой, позволяющей осуществлять построение графических изображений функции двух переменных. Достоинством программы являются заложенные в неё алгоритмы интерполяции, которые позволяют с высочайшим качеством создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределённым в пространстве данным.

Данный функционал может быть применён к решению задач с числовыми отметками.

Сущность метода проекций с числовыми отметками заключается в ортогональном проецировании геометрического объекта на одну, чаще горизонтальную, плоскость проекций, называемую плоскостью нулевого уровня с указанием численного значения расстояния от характерных точек объекта до данной плоскости проекций в единицах указанного линейного масштаба. [1]

Таким образом, в проекциях с числовыми отметками задание пространственной геометрической фигуры представляет собой горизонтальную проекцию этой фигуры, а фронтальную проекцию заменяют числовые отметки (координаты Z), поэтому изображение получают только на одну плоскость. На проекции с числовыми отметками распространяются все инвариантные свойства ортогонального проецирования. [2]

Важность использования метода числовых проекций связана с тем, что он позволяет наглядным образом представлять трёхмерную информацию в двухмерном виде. На рис.1. представлены проекции с числовыми отметками.

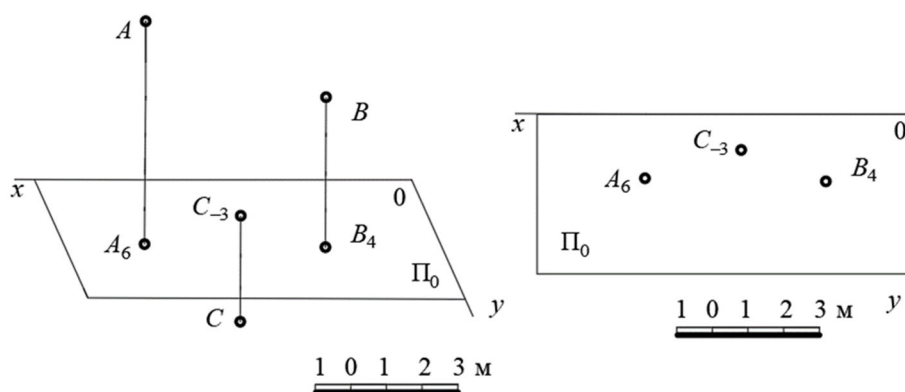


Рис. 1. Проекции с числовыми отметками

Примером задачи с числовыми отметками является.

Построить профиль местности по направлению, проходящему через скважины 1–2, рис.2 [1].

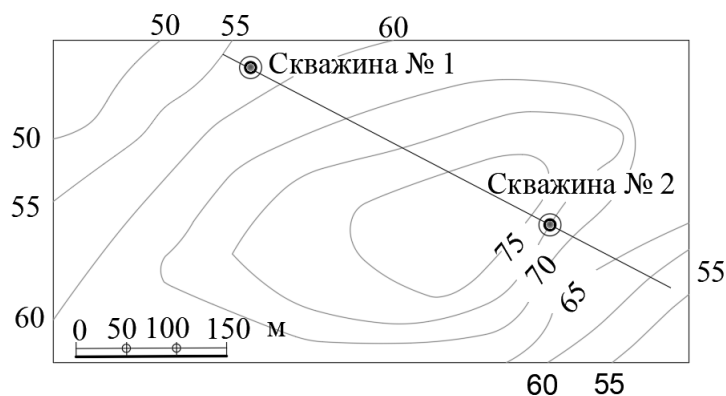


Рис. 2. Задача

Для решения поставленной задачи необходимо провести векторизацию растрового изображения.

Открываем изображение в программе, для этого заходим в File/Open и выбираем необходимое изображение.

После наводим курсор мыши на изображение и выбираем в командном окне команду Digitize

Далее наводимся на горизонталь и нажимаем на левую кнопку мыши, после на ней появляется красный крестик и программа вычисляет координаты XY этой точки, необходимо пройти вдоль всей горизонтали и отметить на ней данные точки, рис.3.

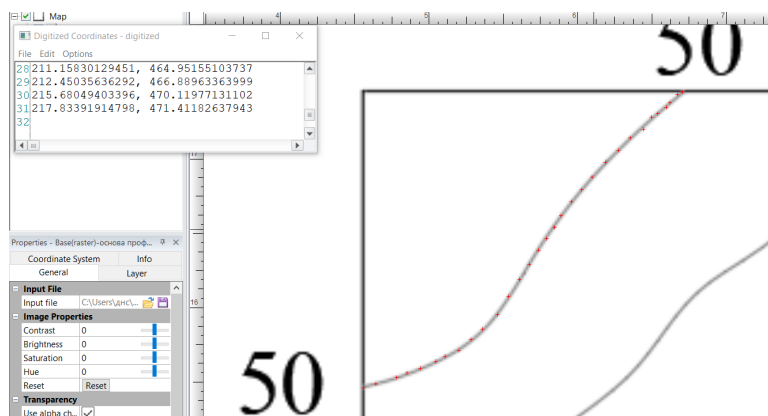


Рис. 3. Точки на горизонтали

Далее сохраняем файл с координатами полученных точек, для этого в окне Digitized Coordinates выбираем окно File/Save as и сохраняем файл с расширением *.dat.

После закрываем окно Digitized Coordinates и нажимаем клавишу Esc. Затем производим данную операцию в отношении всех остальных горизонталей.

Далее открываем полученные файлы через File/Open in worksheet.

В каждом файле в колонке C напротив каждой точки ставим отметку горизонтали на которой она находится, рис.4. Такую процедуру проводим для всех файлов.

F5						
	A	B	C	D	E	
1	783,10025	70,110900	50			
2	784,77191	72,451212	50			
3	788,61670	75,125854	50			
4	791,96001	78,469156	50			
5	797,97795	82,982614	50			
6	803,32723	87,496072	50			
7	807,67353	91,173704	50			
8	811,18399	94,015511	50			
9	815,86462	97,525979	50			
10	819,70941	102,54093	50			
11	825,05870	107,89022	50			

Рис. 4. Таблица XYZ координат

Далее копируем все координаты точек и переносим в один файл затем сохраняем отдельным новым файлом под новым названием.

Теперь открываем полученный файл с XYZ координатами точек. Для того чтобы наложить полученные точки на растровую основу, рис.5, в окне Contents выбираем при помощи клавиши Shift обе открытые карты и в меню MapTools выбираем команду OverlayMaps.

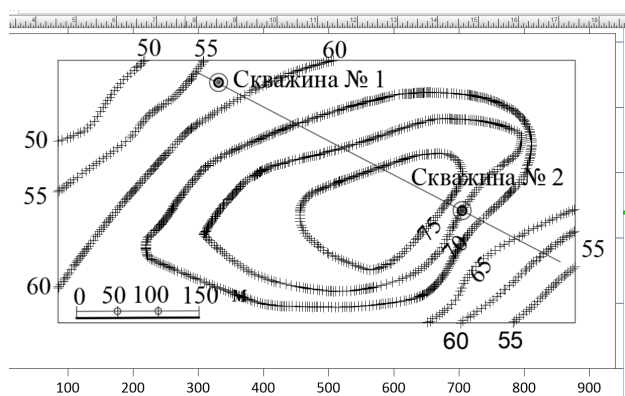


Рис. 5. Точки для интерполяции горизонталей

Далее заходим в окно Grids и выбираем команду Grid Data. Выбираем в появившемся окне метод интерполяции горизонталей. Применим метод Кригинга (Kriging), далее выбираем файл с координатами полученных точек. Нажимаем клавишу далее.

Нажимаем далее. В открывшемся окне ставим галочку напротив команды (use all data), рис.6.

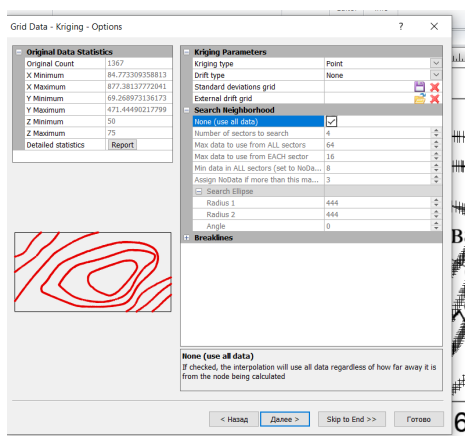


Рис. 6. Процесс интерполяции

В появившемся окне напротив команды Add grid as layer to выбираем команду Map, рис.7.

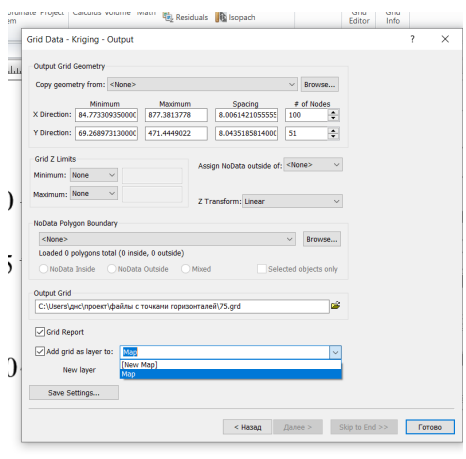


Рис. 7. Настройка отображения полученной карты

Нажимаем готово. Нажимаем Ок и закрываем появившийся статистический отчёт. Появились горизонтали, рис.8. Для удобства слой с точками отключаем.

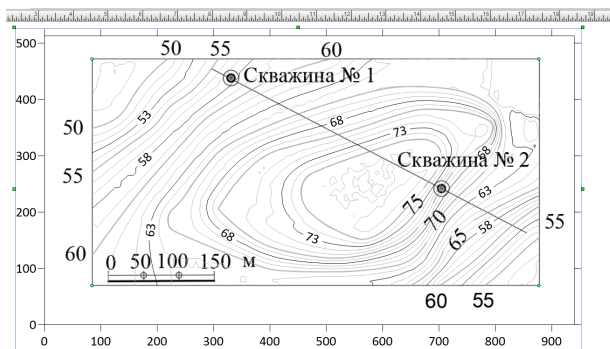


Рис. 8. Полученные горизонтали

Необходимо настроить отображение горизонталей для этого кликаем в окне contents выбираем слой с горизонталями.

В меню Levels устанавливаем minimum contour 50, а maximum contour 75, contour interval 5. Major contour 1. Таким образом, была получена модель растрового изображения, рис.9.

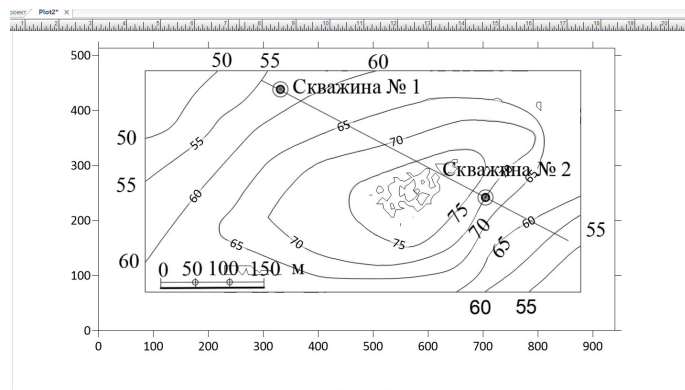


Рис. 9. Оцифрованная карта поверх растровой подложки

Для построения профиля в окне MapTools выбираем команду Profile. Далее отмечаем прямую через которую будет проходить профиль. Был построен профиль местности, рис.10.

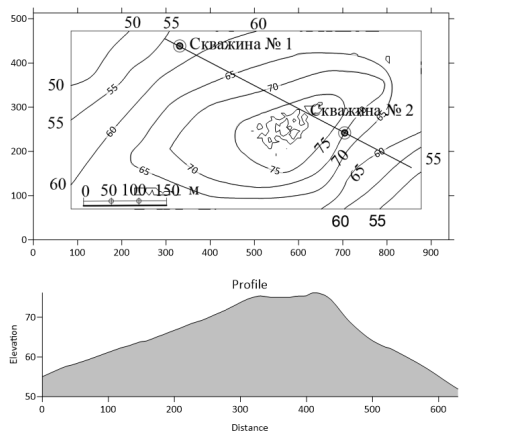


Рис. 10. Растровая основа и построенный профиль

Таким образом, в статье была показана возможность решения задач с числовыми отметками в геоинформационной системе Surfer. В качестве примера была решена задача построения продольного профиля по двум точкам, в результате было получено общее решение, позволяющее найти профиль любых двух точек на рисунке. Практическая значимость решения данной задачи может быть связана с определением видимости между любыми двумя точками местности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная графика [Текст]: учеб.-метод. пособие / Л. А. Максименко. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 104 с.
2. Филисюк Н.В. Начертательная геометрия. «Проекции с числовыми отметками» : учебное пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения / Н.В. Филисюк, А.А. Романова - Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015 г. - 46 стр.
3. Основы работы в программе Surfer 7.0 : Учебно-методическое пособие / К.А. Мальцев. – Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2008. – 24 с.
4. Surfer 8. User's Guide. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientist and Engineers. – Golden Software Inc., 2002. – 640 с.

© В. К. Вараксин, 2024

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ 3D-МОДЕЛИ СГУГИТ

В статье рассматривается процедура создания масштабируемой и интерактивной 3D модели СГУГиТ, реализованной при помощи среды разработки Unreal Engine. Такая модель обеспечивает новые возможности для виртуальных туров и ознакомления с инфраструктурой учебного заведения.

Основой для создания модели послужили данные, полученные с помощью LiDAR сканера (Рис. 1), что позволило с высокой точностью воспроизвести геометрию всех стен ВУЗа (Рис. 2).

Моделирование здания производилось в программе ArchiCAD и импортировалось в среду Unreal Engine при помощи плагина Datasmith, позволяющего полностью сохранить иерархию CAD модели [1,2].



Рис. 1. Исходный LiDAR скан

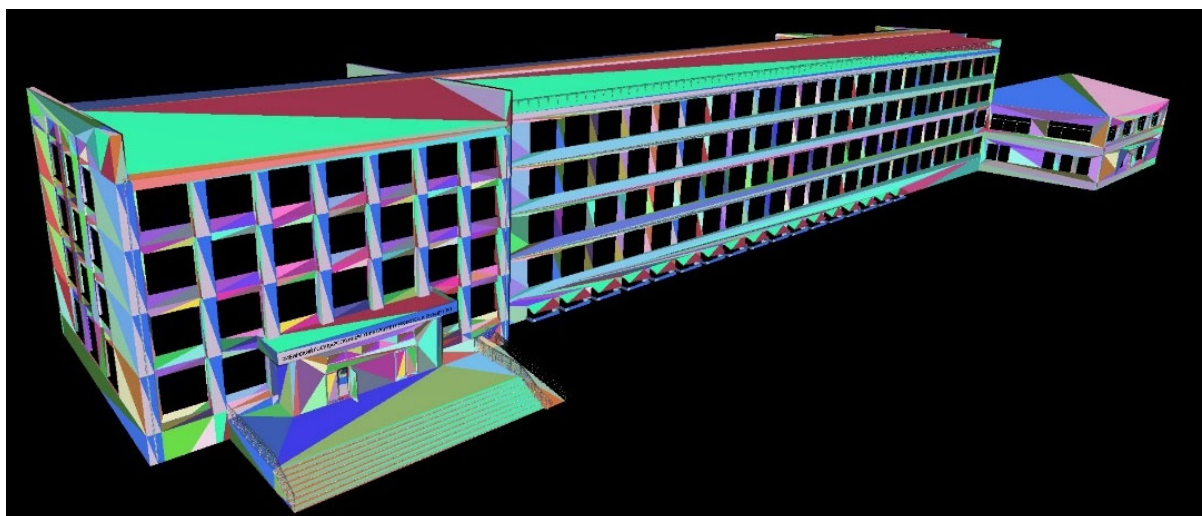


Рис. 2. Геометрия внешних стен ВУЗа

Для обеспечения удобства навигации в виртуальной среде были добавлены невидимые стены (Рис. 3), задающие границы зон перемещения пользователя.

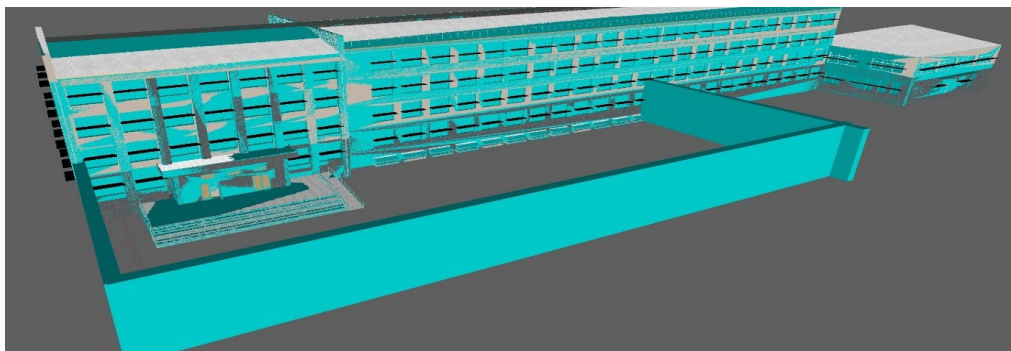


Рис. 3. Невидимые стены, ограничивающие зону перемещения

В процессе детализации было уделено особое внимание ключевым элементам интерьера холла. Для обеспечения эффективной обработки сложной геометрии и детализации объектов виртуальной модели была задействована система Nanite (Рис. 4). Эта технология позволяет оптимизировать обработку миллионов полигонов в реальном времени, обеспечивая приемлемый уровень детализации без значительной потери производительности [3]. Благодаря этому, удалось достичь максимального реализма в воспроизведении геометрии и текстур объектов (Рис. 5).

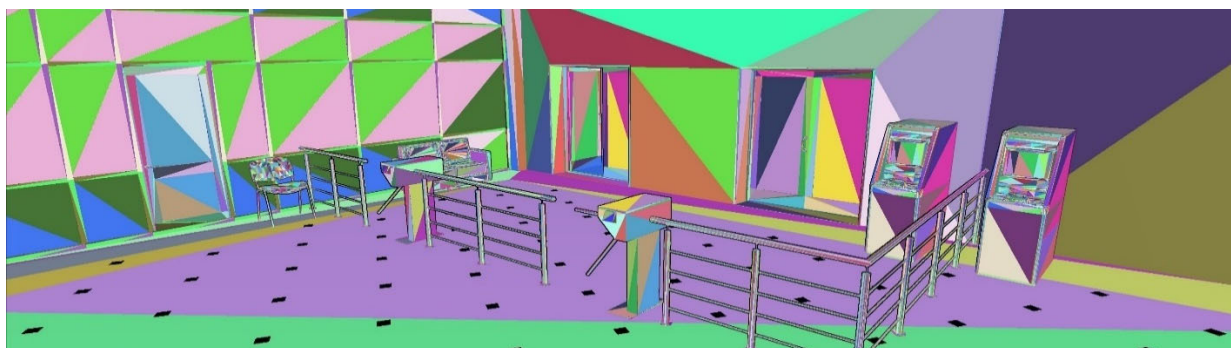


Рис. 4. Геометрия объектов холла СГУГиТ



Рис. 5. Отображения визуализации в реальном времени объектов холла СГУГиТ

Ключевым элементом, с точки зрения технической реализации, являются зеркала главного холла СГУГиТ. Эти элементы расположены на 4х колоннах, друг на против друга. Для их реализации используется технология RTX («Ray Tracing eXtensions» - расширения трассировки лучей), чтобы достичь наилучшего результата в отображении переотражающихся элементов [4].

Технология RTX позволяет создавать реалистичные отражения сцены в реальном времени, включая отражения в зеркалах. Это достигается за счет трассировки лучей, которая моделирует физическое поведение света, включая его отражение от поверхностей (Рис. 6).

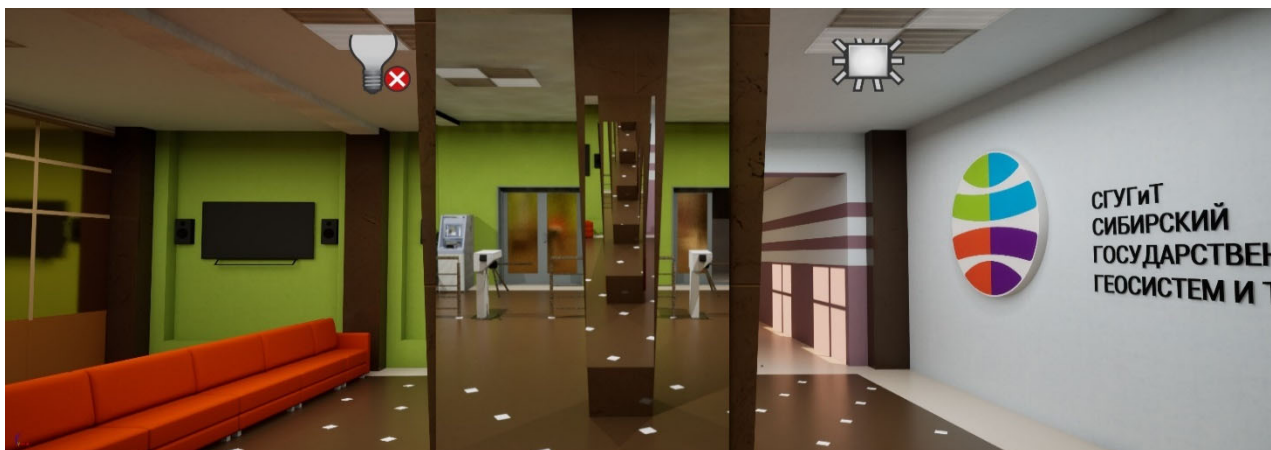


Рис. 6. RTX реализация зеркал холла СГУГиТ

Помимо реализации коридоров и холла СГУГиТ, произведена работа над некоторыми аудиториями и иными помещениями (Рис. 7). Аудитории выполнены в виде отдельных уровней, для снижения нагрузки на систему в процессе отображения большого количества мелких интерактивных деталей.

Переход на такие уровни реализован путем перемещения через быстрое меню, где содержится список всех доступных помещений. Но также в них можно попасть подойдя к двери нужного помещения на общей модели.



Рис. 7. Реализация интерьера помещения 426

Unreal Engine предоставляет своим пользователям систему визуального программирования Blueprint, которая значительно ускоряет процесс написания некоторой логики интерактивного взаимодействия (Рис. 8).

В большинстве случаев эта система полностью заменяет классическую разработку на C++, однако всегда есть возможность расширения функционала Blueprint написанием дополнительных функций на C++. Из-за отсутствия сложной логики, задержки в производительности кода на Blueprint незначительны [5].

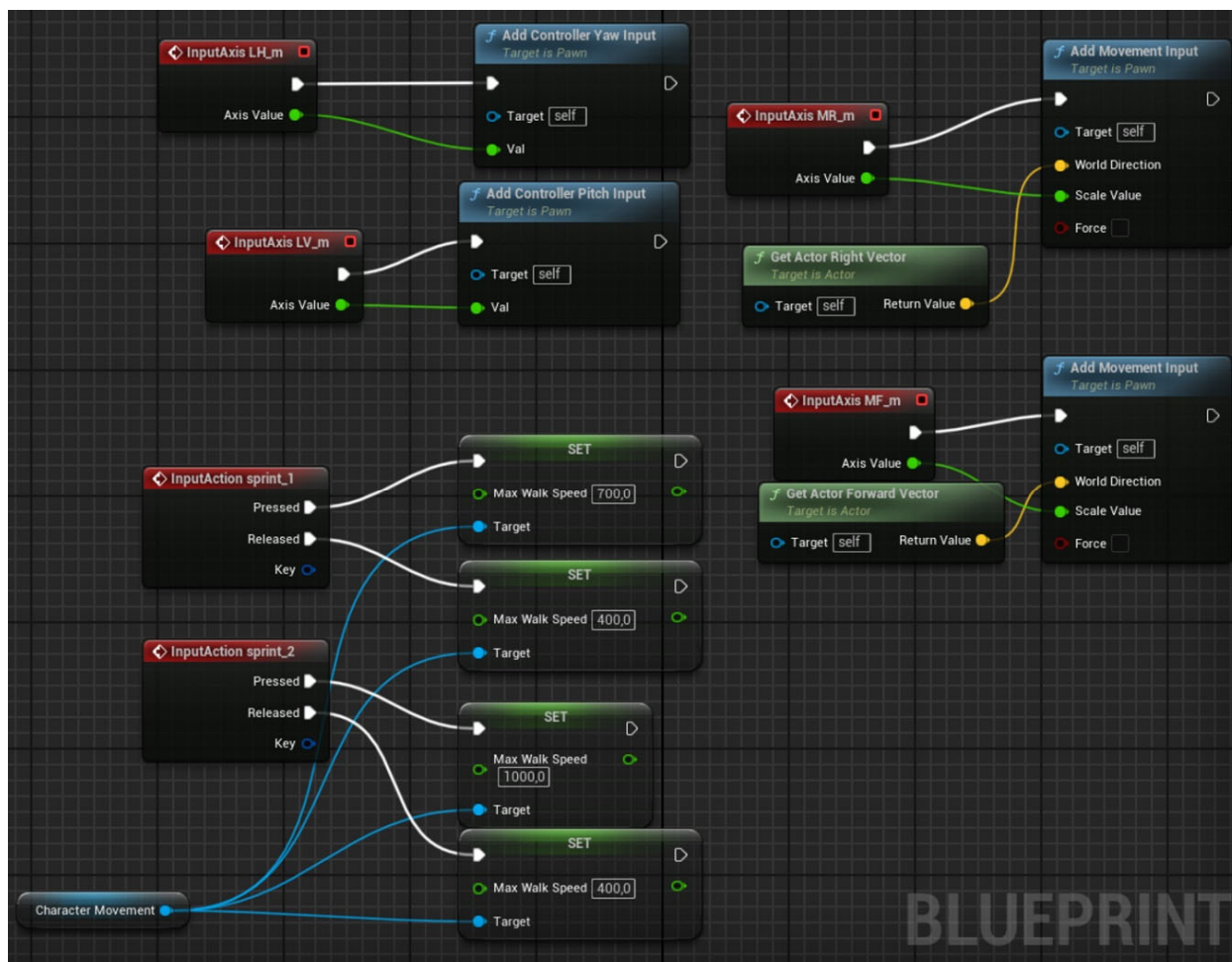


Рис. 8. Blueprint реализация системы перемещения

Процесс создания модели главного корпуса и аудиторий занял 3 месяца. Реализация интерактивных функций и настройка материалов в Unreal Engine также потребовала 3 месяца работы. Помимо реализации запуска проекта как классического приложения на ПК, реализована возможность использования VR гарнитур и соответствующего управления в виртуальной среде.

Интерактивная 3D модель СГУГиТ, реализованная с помощью Unreal Engine, позволяет пользователям осмотреть университет виртуально. В будущем планируется насыщение проекта различными познавательно-развлекательными материалами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. GRAPHISOFT. ARCHICAD. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://graphisoft.com/solutions/archicad> (дата обращения: [28.11.2023]).
2. Epic Games. Datasmith. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.unrealengine.com/en-US/datasmith> (дата обращения: [28.11.2023]).
3. Epic Games. Nanite Virtualized Geometry in Unreal Engine. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/nanite-virtualized-geometry-in-unreal-engine/> (дата обращения: [28.11.2023]).
4. Epic Games. Technology Sneak Peek: Real-Time Ray Tracing With Unreal Engine. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.unrealengine.com/en-US/tech-blog/technology-sneak-peek-real-time-ray-tracing-with-unreal-engine> (дата обращения: [28.11.2023]).
5. Epic Games. Programming and Scripting Blueprints. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/> (дата обращения: [28.11.2023]).

© Н. С. Головачев, 2024

Е. Д. Каленская

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

3D-моделирование стало актуально с середины прошлого века, развивается и применяется по сей день, особенно в области архитектуры, дизайна интерьеров и строительства. Создание точных трехмерных моделей внутренних помещений зданий на основе цифровых фотоснимков позволяет визуализировать свои идеи, а также улучшить планирование и реализацию проектов.

Трехмерные модели также применяются для виртуальных туров, которые позволяют заинтересованным лицам ознакомиться со внутренними помещениями здания без необходимости физического присутствия, что особенно полезно для агентств недвижимости.

Результатом 3D-моделирования является цифровой двойник, включающий в себя все детали и особенности объекта, что позволяет реставраторам и инженерам лучше понять состояние здания и определить объем работ. В случае реставрации исторически важных архитектурных объектов, наличие 3D-модели сыграет особую роль, позволяя соблюсти все тонкости.

Кроме того, 3D-моделирование помогает в планировании ремонтных работ, поскольку позволяет визуализировать изменения в интерьере и принять более информированные решения. Это может помочь сократить время и затраты на ремонтные работы, а также избежать потенциальных ошибок и несоответствий.

Наличие 3D-моделей может упростить задачу инвентаризации недвижимости, оценки износа помещений и анализа их пригодности для выполнения тех или иных задач.

В целом, 3D-моделирование внутренних помещений зданий имеет большую значимость в различных отраслях и предлагает множество возможностей для улучшения процессов проектирования и визуализации.

Для подбора оптимальных параметров съемки в качестве тестового объекта была выбрана стена, имеющая большой физический износ и не равномерное освещение.

Задачи работы:

1. Создать трехмерной модели с использованием цифровых фотоснимков, полученных с помощью встроенного фотоаппарата в смартфон;
2. Определить направление исследований, поставить цели и задачи для последующей работы.

Фотограмметрия – наука и технология, которая занимается определением формы, размера, положения и других характеристик объектов по их изображениям.

Фотограмметрический метод основан на использовании фотографий для создания точной трехмерной модели объекта [1]. Суть метода заключается в использовании специализированных программ, обрабатывающих большое количество фотоснимков объекта со всевозможных сторон и детальной съемкой того, что требует большей детализации. При обработке фотоснимков вычисляются точки их пересечения и на их основе осуществляется создание трехмерной модели.

Фотограмметрический метод имеет ряд преимуществ над классическими (обмер лазерной рулеткой, тахеометрическая съемка), таких как:

- оперативность;
- информативность;
- высокая точность;
- возможность создания детальных моделей и реалистичного внешнего вида модели благодаря наложению текстуры из фотоснимков.

Однако, метод также имеет некоторые ограничения: для достижения высокой точности требуется использование большого количества фотографий, что в свою очередь влечет за собой увеличение требований к ресурсам компьютера. Кроме того, для объектов со сложным рельефом (барельефы, пилястры, колонны и др.) или имеющими монотонную окраску, требуется особый подход, создание сети опознаков или изменение схемы расстановки камер.

Главным преимуществом фотограмметрического метода над классическими является доступ к информации об объекте удаленно от него. В случае применения классических методов для создания модели, по результатам съемки возможен недостаток информации или наличие ошибок вследствие человеческого фактора, и исправление такого недочета влечет за собой повторный выезд на объект.

Для создания 3D-модели было выбрано программное обеспечение Agisoft Metashape: Professional. При выборе программы учитывались ее доступность, возможность добавления видимых на фотоснимке маркеров для более точного построения модели, качество обработки модели [2].

Выходными данными для построения 3D-модели являются фотоснимки. Координаты центров фотографирования могут быть определены в процессе съемки с помощью ГНСС или ИНС систем, или рассчитаны в процессе построения трехмерной модели. Точность определения координат должна быть достаточно высокой, для обеспечения корректного построения трехмерной модели [3]. Наличие координат центров фотографирования позволяет точно определить местоположение фотоснимков в пространстве в момент фотографирования, однако в помещении ГНСС приборы не определяют координаты или определяют их с большой погрешностью, что заставляет искать иные способы их определения.

Фотоснимки без привязки центров фотографирования таких координат не имеют. В таком случае координаты центров фотографирования определяются аналитически с помощью поиска общих точек на разных снимках алгоритмом

программы, используемой для создания модели, или дополнительно вручную – для получения более точного результата построения.

Неоднородность и не однотонность окраски тестового объекта позволяет алгоритму программного продукта определить максимальное количество связующих точек на фотографиях, что благоприятно способствует построению трехмерной модели этой стены. Для создания трехмерной модели выполнялись нижеперечисленные шаги в следующей последовательности:

1. Съемка тестового объекта производилась с продольным и поперечным перекрытием порядка 70 %, захватывая отдельными ракурсами детали объекта, которые требуют большей детализации. Для построения модели стены было использовано 74 снимка;

2. Добавление снимков в программу для дальнейшей обработки;

3. Выравнивание снимков. На данном этапе определяются элементы внешнего ориентирования снимков, в которые и входят координаты центров фотографирования;

4. Добавление маркеров – по опознакам выставляются маркеры на всех проекциях, по которым алгоритм программы сможет качественнее выполнить последующие этапы;

5. Ручная фильтрация точек, «вылетевших» при выравнивании снимков – ручная дополнительная обработка поможет алгоритмам построить точную модель и уменьшить затраты времени на ее построение. Появлению таких точек может способствовать плохое качество снимков, недостаточная освещенность, смазанность кадра, сильный разворот камеры относительно объекта съемки и другие. После ручной дополнительной обработки модели количество связующих точек сократилось до 140 тысяч;

6. Построение облака точек – суть этапа заключается в уплотнении облака, полученного на предыдущем этапе;

7. Удаление «вылетевших» из основного облака точек. На выбранных настройках и после ручной дополнительной обработки для построения модели использовалось облако точек, состоящее из 4,5 миллионов точек;

8. Построение модели – исходным на данном этапе будет выступать облако точек, именно поэтому его качество здесь является главным критерием. Количество полигонов, из которых состоит модель, составило 600 тысяч;

9. Построение текстуры – по загруженным фотоснимкам накладывается текстура, этот этап избавляет модель от размытости и недостатков съемки, возникших на начальных этапах.

Помимо использования облака точек для построения модели, существует возможность использования карт глубины, создание которых происходит на этапе выравнивания снимков.

При детальном рассмотрении построенной модели были выделены основные факторы, влияющие на качество модели. Среди них:

1. Неравномерность освещения – те места, где свет был недостаточным (и образовывалась тень) или избыточным, когда свет падал на часть стены и засвечивал ее, точность построения связующих точек и облака точек, а в последствии и модели, резко ухудшалась;

2. Качество получаемых снимков – так как съемка выполнялась на мобильный телефон со следующими характеристиками камеры: разрешение снимка 4096x3072 пикс, фокусное расстояние – 5.59 мм, диафрагма – f1.8, это повлияло на полученный результат;

3. Монотонность окраски объекта – для автоматического распознавания соответствующих точек обязательно необходима контрастность объекта, которую можно достичь размещением некоторого количества опознаков на поверхности объекта.

Для устранения недостатков, вызванных вышеперечисленными факторами, в дальнейших исследованиях планируется использовать дополнительный источник света для равномерного освещения объекта и иное средство съемки. Кроме того, следует испробовать иной способ размещения камер относительно объекта, а также, для оценки качества построения трехмерной модели, планируется выполнить контрольные измерения на модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.А. Калинин, А.М. Бондаренко, М.Н. Семенцов, Б.Н. Строгий, И.А. Казачков, Ж.В. Матвейкина, Т.Ф. Самойлова – Электрон.дан. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 98 с.

2. Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 2.0. Руководство пользователя. М.: [не указано], 2023. – 246 с.

3. Ракова, С. А., Раков, Д. Н. Особенности координирования опор ЛЭП с использованием материалов, полученных при помощи беспилотных авиационных систем / С. А. Ракова, Д. Н. Раков // Томск : НИ ТПУ, 2021. с. 321-323.

© Е. Д. Каленская, 2024

А. И. Мишенин

Новосибирский государственный педагогический университет (НГПУ)

А. А. Урсулов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ ИНВАРИАТИВНОМУ МОДУЛЮ «КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА. ЧЕРЧЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА И ПЕРЕХОДА К НОВОЙ ЕДИНОЙ ФЕДЕРАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ «ТЕХНОЛОГИЯ»

Рассматривается проблема обучения школьников инвариативному модулю «Компьютерная графика. Черчение» в образовательной области «Технология» с учетом требований ФГОС нового поколения [5] и введения новой единой федеральной рабочей программы основного общего образования в предметной области «Технология» [4]. Разработаны дидактические материалы к объектам труда, выполняемым обучающимися на практических занятиях при изучении модуля «Технология обработки материалов и пищевых продуктов» с применением полученных навыков в процессе выполнения учебного проекта. Аппарат исследования обозначенной проблемы, включающий обоснование актуальности, противоречие, цель, объект, предмет и гипотезу исследования. Определена цель исследования, сформулированы задачи для достижения цели, выбраны теоретические и эмпирические методы исследования.

Цель исследования: разработать учебно-методические материалы для реализации обучения школьников инвариативному модулю «Компьютерная графика. Черчение» в образовательной области «Технология» с учетом требований ФГОС нового поколения и введения новой единой федеральной рабочей программы основного общего образования в предметной области «Технология».

Выдвинута следующая *гипотеза* – изучение модуля «Компьютерная графика. Черчение» в процессе перехода к единой образовательной программе будет эффективной при выполнении следующих условий:

- сохранить и использовать методику традиционного «Черчения»;
- в связи с малым опытом учителей технологии в компьютерных технологиях, особенно с большим стажем работы в школе, актуально привлекать к сотрудничеству специалистов, компетентных в этой области, в нашем случае выпускников-студентов, с которыми налажены контакты еще со школы;
- внедрение компьютерных технологий наиболее эффективно в проектной деятельности обучающихся при работе над интегрированными проектами.

Для достижения цели сформулированы *задачи*:

- привлечь к сотрудничеству специалистов, компетентных в этой области, в нашем случае выпускников-студентов;

– расширить личные компетенции учителя технологии в области «Компьютерная графика. 3D моделирование»;

– в совместном сотрудничестве разработать учебно-методические материалы с точки зрения «Компьютерной графики», дополняющие традиционную методику.

В современных условиях развития образования требования ФГОС по развитию у обучающихся универсальных учебных действий (УУД) обязывают учителей, особенно со стажем, отказываться от привычных методов и приёмов преподавания своего предмета в школе [5]. С переходом к новой единой федеральной рабочей программе основного общего образования в том числе и предметной области «Технология» в 2023-2024 [4] учебном году перед многими учителями возникла проблема перехода к инвариантным модулям таким как «Компьютерная графика. Черчение». За последнее десятилетие программа технологии менялась достаточно часто, с введением модульного обучения предполагалось изучение различных модулей, от 5 до 9 и более, инвариантные и вариативные, обязательные и не обязательные. С одной стороны для учителей эти изменения создавали много трудностей, с другой стороны давали возможности каждому учителю реализовать в наибольшей степени спектр собственных компетенций. Практические наблюдения показывают, что учителями технологии становились педагоги из других образовательных областей, пример того – один из авторов данной статьи Мишенин А.И., учитель биологии и химии по первому образованию. Уникальность предмета «Технология» в том, что каждый учитель при реализации общей программы имел возможность не ограничиваться в рамках узкой программы, как например в других образовательных областях, а мог реализовываться в направлениях, в которых он наиболее компетентен, опираясь в том числе и на материально-техническую базу образовательного учреждения, особенно это проявлялось в проектной деятельности обучающихся. Из опыта авторов можно привести много примеров: выпускники, работавшие над проектами, выбирали дальнейшее обучение в ВУЗах самых разных направлений. И зачастую направления выбирались не только от способностей и интересов обучающихся, но и от того, насколько его заинтересовал учитель, увлеченный и компетентный в этих направлениях.

Единая федеральной рабочей программа основного общего образования. Технология. 2023 [4] представлена в таблице 1.

С одной стороны, теперь модули «Компьютерная графика, черчение», «3D моделирование, прототипирование, макетирование» обязательные – инвариантные, с другой стороны часов на изучение этих тем крайне мало, если учесть, что, например, в 5 классе в учебнике на эту тему всего один параграф, а новых терминов, понятий только по традиционному «Черчению» очень много [1]. А ведь нужно отработать ещё и практические навыки, например, главное – линии чертежа. Конечно, учителю при подготовке необходим помощник-консультант в компьютерных технологиях. В данном материале авторы хотят поделиться своим опытом в разработке учебно-методических материалов с точки зрения компьютерных технологий, которые дополняют традиционные методы при изучении модуля «Технологии обработки материалов, пищевых продуктов».

можно рассматривать интеграцию содержания различных образовательных областей, при этом межпредметная интеграция может служить основой для разработки проектов в процессе обучения технологии. Межпредметная интеграция может служить средством для достижения одной из целей, заявленной в Федеральном государственном образовательном стандарте общего образования, а именно – формирование целостной картины мира у школьников, которым необходимо показать связь между происходящими событиями и явлениями в различных областях знаний.

Межпредметная интеграция в процессе проектной деятельности при изучении технологии будет эффективной при выполнении следующих условий:

- использование заданий, включающих как можно больше материалов различных образовательных областей знаний;
- использование в рамках проектной деятельности при изучении технологии естественнонаучного, исторического, краеведческого и др. содержания;
- выполнение проекта в командном формате, поскольку реализация любого проекта не всегда посильна одному обучающемуся, при этом для выполнения интегративных проектов целесообразно привлечение родителей, коллег учителей-предметников, преподавателей ВУЗов, научных работников и др. [2].

В качестве примера показательна работа авторов данного материала над проектом «Реконструкция декоративного элемента парадной лестницы Александровского начального училища», результатом которой были материалы статьи, представленной на Баландинских чтениях (2021) [3]. Для достижения цели и решения задач проекта необходимо было применять как методы традиционного черчения, так и методы 3D моделирования и компьютерной графики.

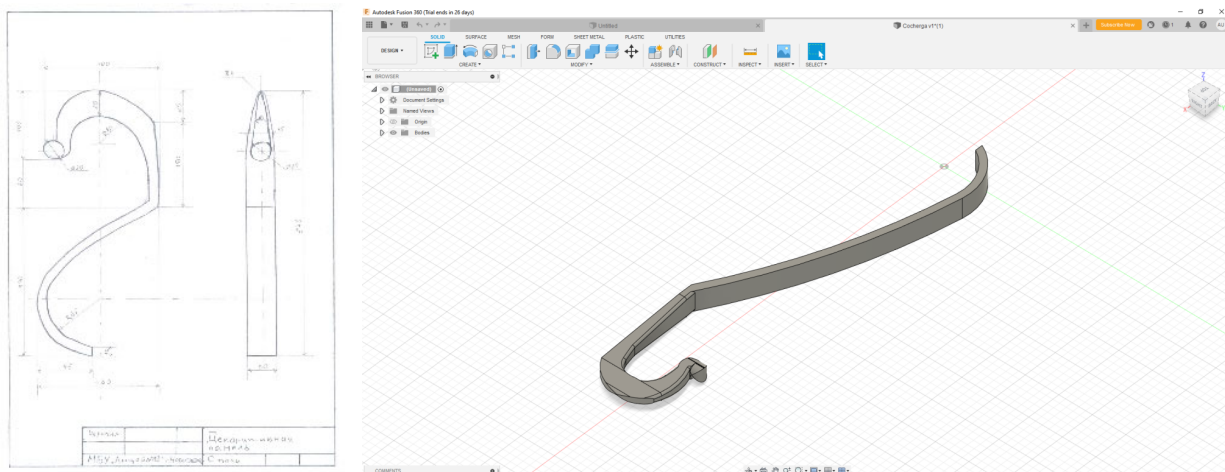


Рис. 3. Эскиз и 3D-модель декоративного элемента парадной лестницы

Или перспектива работы над проектом «Разработка модели пистолета ТТ 33», обучающегося Казначеева Л. (8 кл.), который планируется быть дополненным элементами 3D моделирования и компьютерной графики, консультантом будет Урсулов А.А.

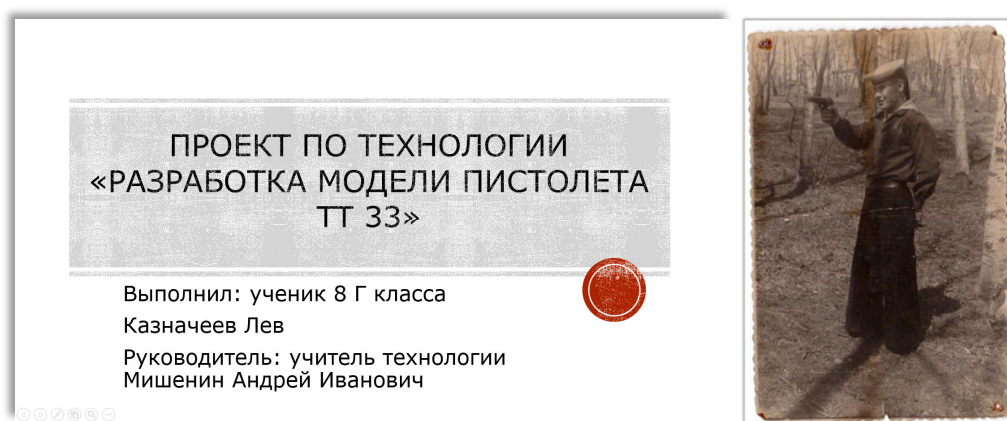


Рис. 4. Проект «Разработка модели пистолета ТТ 33», Казначеев Л.

Вывод: переход к новой единой федеральной рабочей программе основного общего образования в предметной области «Технология» с учетом требований ФГОС нового поколения – процесс небыстрый, требует расширения личных компетенций учителя технологии в области «Компьютерная графика. 3D моделирование», для этого необходимо привлекать к сотрудничеству специалистов, компетентных в этой области.

Наш опыт сотрудничества учителя и выпускника дал положительные результаты, в совместном сотрудничестве разработаны учебно-методические материалы «Компьютерной графики» и «3D моделирования», дополняющие традиционную методику образования и успешно используются на уроках технологии.

На этом сотрудничество не заканчивается, есть много идей по решению тех. задач, которые предлагают обучающиеся именно в рамках проектной деятельности и дополнительного образования, что подтверждает выводы нашего исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казакевич В.М. и др. Технология. 5-9 класс: учебник для общеобразовательных организаций – М. Просвещение, 2021.
2. Мишенин А.И., Методологический аппарат исследования проблемы обучения школьников проектной деятельности посредством интеграции разнопредметного содержания. Электронный сборник материалов XIII Региональная научно-практическая конференция студентов и магистрантов ИФМИТО НГПУ «Шаг в науку».
3. Урсулов А.А., Мишенин А.И. Реконструкция декоративного элемента парадной лестницы Александровского начального училища // Баландинские чтения. 2023. Т. 17. № 1.
4. Единая федеральной рабочей программа основного общего образования. Технология. 2023.
5. ФГОС ООО 2021 го.да (Приказ Минпросвещения России от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования»; зарегистрирован в Минюсте России 05 .07 .2021, № 64101).

© А. А. Урсулов, А. И. Мишенин, 2024

К. А. Набережных, Б. В. Юдин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

УВЕЛИЧЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА

Увеличение дальности снаряда является одной из ключевых задач для различных областей применения, таких как военная техника, ракетостроение и т.д. Увеличение дальности позволяет достичь более высокой точности попадания на цель, увеличить эффективность стрельбы, а также расширить область возможных целей.

Одним из ключевых факторов, влияющих на дальность полёта снаряда, является начальная скорость выстрела и коэффициент лобового сопротивления. Чем выше начальная скорость, тем дальше снаряд может пролететь, преодолевая сопротивление воздуха. Рассматриваемая начальная скорость осколочно-фугасного снаряда калибра 152 мм является 655 м/с.

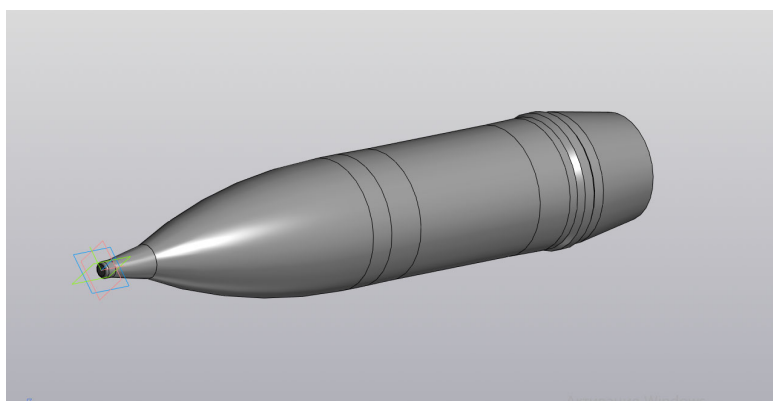


Рис. 1. 3D модель снаряда

При изучении аэродинамических свойств боеприпасов стала интересна возможность уменьшения коэффициента лобового сопротивления, который напрямую влияет на дальность полёта снаряда. Для этого было проведено моделирование движения снаряда в сверхзвуковом потоке для выявления силы сопротивления, действующего на снаряд. [1].

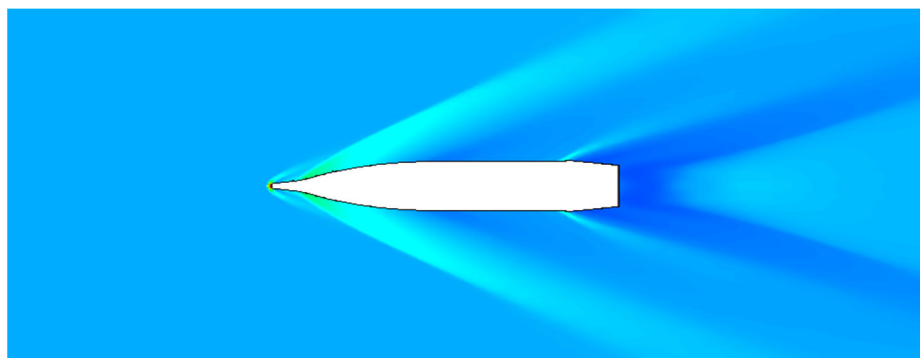


Рис. 2. Изолинии давления при обтекании снаряда

Из расчета получилось, что сила аэродинамического сопротивления $F_x = 3651,8\text{Н}$, по формуле можно вычислить коэффициент лобового сопротивления.

$$F_x = C_x * S * \frac{\rho * v^2}{2}$$
$$C_x = \frac{2F_x}{S * \rho * v^2} = \frac{2 * 3651,8}{\pi * \left(\frac{152}{2000}\right)^2 * 1,206 * 655^2} = 0,77$$

Получается, что при данной модели коэффициент лобового сопротивления получается 0,77, дальше мы внесем изменения в снаряд, для уменьшения коэффициента.

Для достижения наилучшего аэродинамического профиля и для уменьшения коэффициента необходимо ввести оптимизацию в конструкцию снаряда, мы добавили поясok – спойлер на цилиндрическую часть снаряда, для того чтобы ламинарный поток воздуха стал турбулентным. [2].

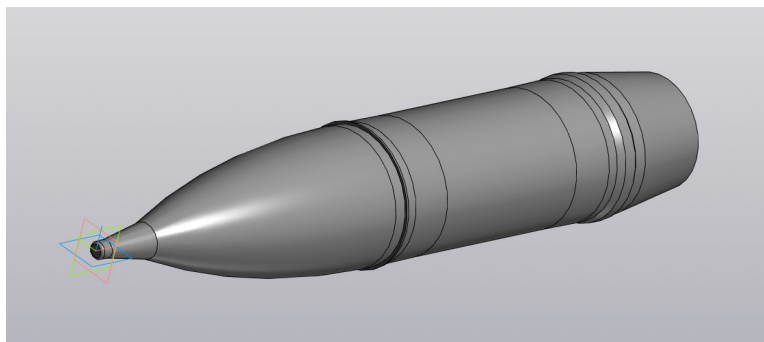


Рис. 3. 3D модель изменённого снаряда

Необходимо также выполнить аэродинамический расчет для того чтобы узнать показатель сопротивления давления.

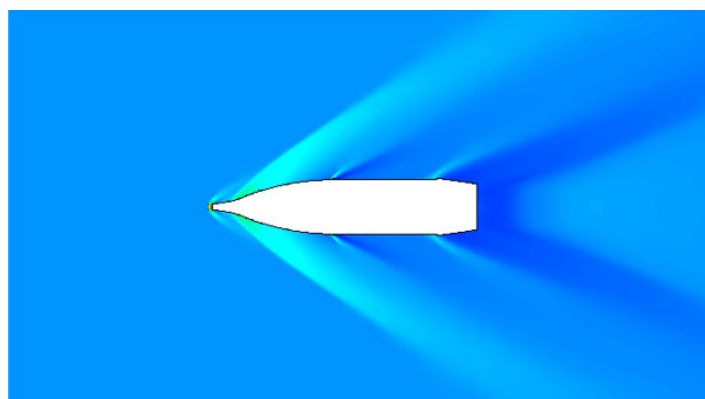


Рис. 4. Изолинии давления при обтекании измененного снаряда»

Сила аэродинамического сопротивления при продуве измененного снаряда составляет $F_x = 2788\text{Н}$, что уже говорит нам о том, что коэффициент лобового сопротивления будет меньше, чем у обычного снаряда.

$$F_x = C_x * S * \frac{\rho * v^2}{2}$$

$$C_x = \frac{2F_x}{S * \rho * v^2} = \frac{2 * 2788}{\pi * \left(\frac{152}{2000}\right)^2 * 1,206 * 655^2} = 0,59$$

Можно сделать вывод, что у новой конструкции осколочно-фугасного снаряда коэффициент лобового сопротивления уменьшилось на 26%. Предварительные инженерные оценки показывают увеличение дальности полёта снаряда на 3 км, точный расчёт баллистики будет рассчитан в следующем приближении.

Также для подтверждения данного метода можно посмотреть на изолинии температуры.

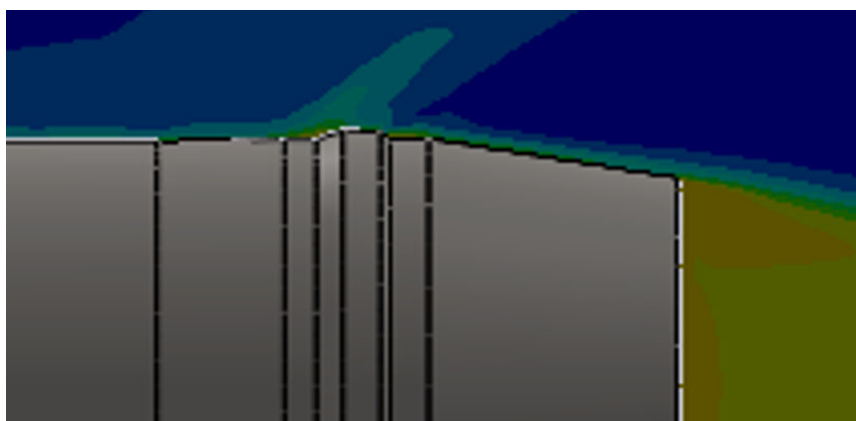


Рис. 5. Изолинии температуры при обтекании снаряда

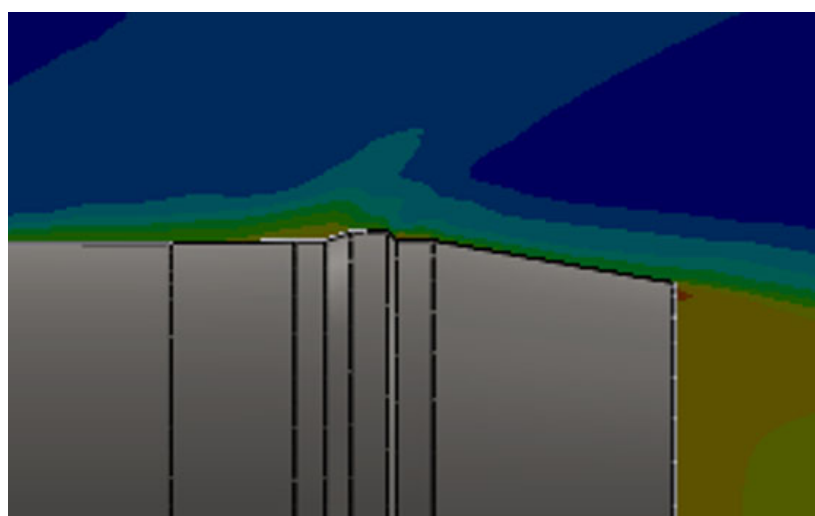


Рис. 6. Изолинии температуры при обтекании измененного снаряда

При сравнении рисунков 5 и 6 видно, что пограничный слой стал толще, поднялась его температура, ударная волна на ведущем пояске стала менее интенсивной, все эти признаки указывают на то, что пограничный слой стал турбулентным. Турбулентный поток попадая в донную часть снаряда повышает там давление, а, следовательно, снижается аэродинамическое сопротивление [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамович Г.Н. Аэродинамика потока в открытой рабочей части аэродинамической трубы // Москва : изд. и тип. Центр. аэрогидродинамич. ин-та им. проф. Н. Е. Жуковского, 1935 – С. 236.
2. Лойцянский Л.Г. Аэродинамика пограничного слоя // Ленинград ; Москва : Гостехиздат, 1941 – С. 412.
3. Бирюк В.В. Аэродинамика и самолётостроение // Самара : Издательство Самарского университета. 2018 – С. 150.

© К. А. Набережных, Б. В. Юдин, 2024

А. В. Николаева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ UNREAL ENGINE ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ ПАРКОВЫХ ЗОН

В современном обществе городские парки играют ключевую роль в формировании качества городской жизни, предоставляя место для отдыха, рекреации и взаимодействия граждан. Значимость этих зелёных оазисов простирается далеко за пределы эстетического удовольствия, они также служат важным фактором в улучшении физического и психического здоровья горожан, способствуют социальной интеграции и формированию экологического сознания. Однако, несмотря на их важность, многие городские парки сталкиваются с серьезными проблемами, которые требуют комплексного и эффективного решения.

Среди существующих проблем можно выделить неэффективное использование пространства, когда значительные участки парков остаются недостаточно задействованными или неправильно спланированными.

Трёхмерное моделирование, предоставляет уникальные инструменты и возможности для оптимизации распределения элементов с целью достижения максимальной эффективности использования территории. 3D-модели могут стать основой для виртуальных «прогулок» по проекту. Такие виртуальные туры по модели позволяют всем заинтересованным сторонам лучше понять предполагаемый дизайн и внести свои замечания.

Для демонстрации интерактивных ознакомительных возможностей был спроектирована тестовая парковая зона. Модель включает в себя каждый элемент, начиная от дорожек и зон отдыха, заканчивая скамейками и ландшафтными элементами. Такая детализация обеспечивает полное представление о каждом квадратном метре и его потенциале для различных социальных групп.

В качестве среды разработки для реализации интерактивных функций был выбран Unreal Engine. Эта среда разработки имеет визуальную систему программирования – Blueprint, которая может помочь выстроить логику игры без применения классического текстового программирования, это очень удобно для создания прототипов и снижает порог требуемых знаний для начала работы (Рис. 1).

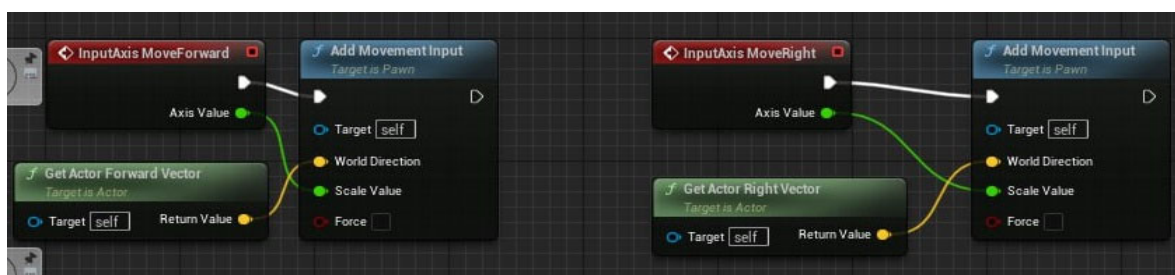


Рис. 1. Пример Blueprint реализации системы перемещения

Одним из основных преимуществ Unreal Engine является возможность использования системы точного позиционирования виртуального источника освещения по географическим координатам. При реализации дополнительного блока кода есть возможность управления виртуальным солнцем в реальном времени и его позиционировании с точностью до часа [1].

Технология работы с объектами в UE позволяет эффективно интегрировать разнообразные элементы парка, такие как игровые площадки, мета для отдыха, элементы освещения, искусственные озера и мосты, что позволяет дизайнерам находить оптимальные места для каждого элемента, создавая гармоничное и функциональное пространство (Рис. 2).



Рис. 2. Размещение дорожек и элементов окружения

В Unreal Engine была реализована возможность изменения вариантов дизайна в режиме реального времени. Люди могут взаимодействовать с виртуальным парком, изменять различные виды скамеек, фонарей или других элементов, и моментально видеть результаты своих изменений. Это позволит собирать обратную связь от различных пользовательских групп и создавать дизайн, который удовлетворяет потребности и предпочтения всего сообщества.

Для достижения фотореалистичного изображения требуются значительные затраты времени и вычислительных ресурсов персонального компьютера, поэтому для снижения нагрузки на систему и оптимизации производственного процесса была выбрана упрощенная степень детализации объектов (Рис. 3).

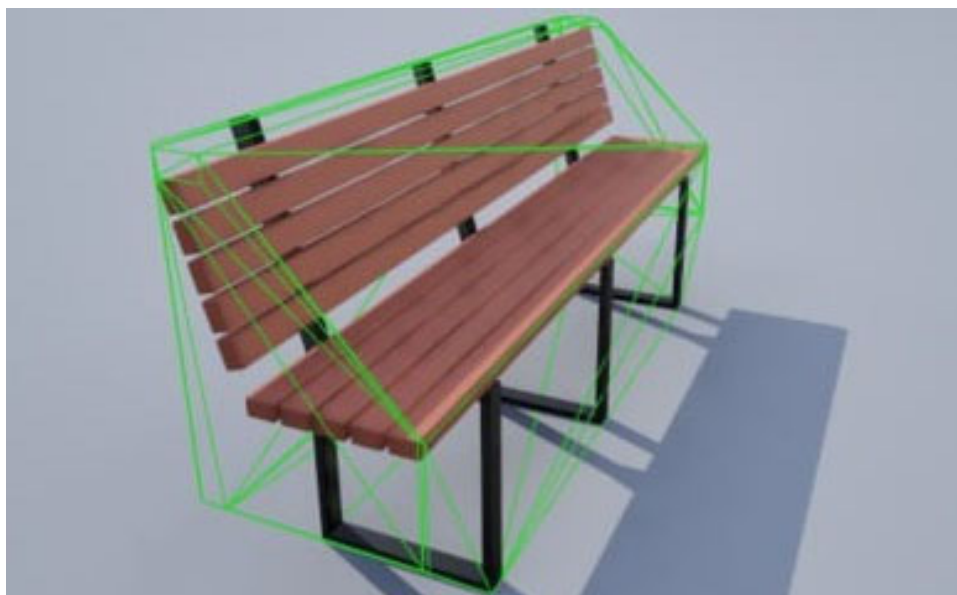


Рис. 3. Пример упрощенной трехмерной модели скамьи размещаемой в парке

Процесс моделирования в Unreal Engine упрощается благодаря наличию обширной библиотеки бесплатных трехмерных моделей и текстур фотограмметрического качества [2]. Также, UE предоставляет инструменты для автоматической оптимизации и поддержки различных платформ (Рис. 4).



Рис. 4. Результат компоновки игровой зоны парка

После создания интерактивной трехмерной модели парка была рассмотрена возможность её демонстрации по средством веб-сайта. Просматривать проект

прямо из браузера с возможностью интерактива станет огромным преимуществом, добавляя интерес и вовлеченность не очень продвинутых пользователей.

Интеграция проекта UE5 на сайты происходит с помощью WebGL и делится на следующие этапы:

1. экспорт 3D-модели: сначала трехмерная модель, созданная в Unreal Engine 5, экспортируется в подходящий формат для использования в веб-среде. Обычно это может быть формат, поддерживаемый WebGL (например glTF) [3];

2. создание HTML-Контейнера: на стороне веб-сайта создается HTML-страница, содержащая контейнер (обычно элемент canvas), который будет использоваться для рендеринга трехмерной сцены;

3. встраивание WebGL-Библиотек: (такие как Three.js, Babylon.js и другие)

4. добавление различных интерактивных элементов может быть реализована с помощью JavaScript.

Стоит упомянуть, что веб-среда может быть менее мощной, чем локальное приложение, модель оптимизируется для обеспечения приемлемой производительности в браузере. Это может включать в себя уменьшение детализации или использование техник легкой загрузки. А также, что WebGL поддерживается большинством современных браузеров, но требуется убедиться, что веб-сайт и трехмерная модель корректно отображаются в различных браузерах.

В итоге, интеграция трехмерного моделирования в Unreal Engine 5 в процесс дизайна и управления городскими парками предоставляет уникальные возможности для создания пространств, которые отвечают потребностям разнообразного населения. Это не только инновационный подход к управлению общественными пространствами, но и шаг в направлении более открытого и вовлеченного процесса принятия решений в области городского планирования.

Дальнейшие исследования в области трехмерного моделирования парковых зон в Unreal Engine могут фокусироваться на оптимизации процесса моделирования, внедрении технологий виртуальной и дополненной реальности, анализе данных посетителей, учете экологической устойчивости, углубленном изучении социокультурных аспектов и потребностей различных групп населения, а также эффективных методах взаимодействия с общественностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sun Positioner [Электронный ресурс] // Unreal Engine Documentation. – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/BuildingWorlds/LightingAndShadows/SunPositioner>.
2. Quixel Bridge [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://quixel.com/bridge>.
3. Kamikaze, How to visualize a scene in 3D [Электронный ресурс] // Habr.– Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/278731>.

© А. В. Николаева, 2024

Д. А. Отрощенко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

РАЗРАБОТКА СЕМЕЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ВНЕШНИХ СЕТЕЙ BIM-МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ

Строительство – это комплекс процессов и деятельности, направленных на создание или реконструкцию зданий, сооружений и инфраструктуры. Оно включает в себя планирование, проектирование, подготовку строительной площадки, закупку необходимых материалов и оборудования, возведение конструкций, монтаж систем и коммуникаций, а также проведение необходимых испытаний и контроль за качеством работ.

Одной из ключевых отраслей экономики является строительство, поскольку оно направлено на улучшение и развитие инфраструктуры, создание комфортных условий для жизни и работы людей, а также на развитие национальной экономики [1].

Важно отметить, что начиная с 1 июля 2019 года строительство жилья в России перешло на новую модель – проектное финансирование, при котором основные риски за недострой взяли на себя финансовые организации. Для оценки рисков, экспертизы жилых проектов, а также контроля над их реализацией им смогут помочь новые BIM-технологии [2].

Информационное моделирование здания представляет собой процесс создания цифрового представления физических и функциональных характеристик здания. BIM-технология учитывает множество факторов и информацию о самом здании, его компонентах (включая детали от производителей), географических особенностях, дизайне и других данных. Все эти данные, вместе с технико-экономическими показателями и другими характеристиками здания, образуют информационную модель, где изменение одного параметра автоматически приводит к пересчету всех остальных. Это позволяет более эффективно управлять проектированием, строительством и эксплуатацией здания, улучшить коммуникацию между участниками проекта, а также снизить риск ошибок и конфликтов [1]. Информационное моделирование здания превосходит простое представление геометрии здания, и является мощным инструментом для взаимодействия и оптимизации всех аспектов жизненного цикла здания.

Основная задача BIM-моделирования – определение сроков окончания работ, расчёт необходимых ресурсов и нестыковок. Отталкиваясь от полученных данных, подрядчик сможет точно рассчитать количество требуемых материалов. В ходе строительства, собственник сможет контролировать правки, внесённые в BIM-макет. Проектировщик проверяет соответствие требованиям технического регламента.

Семейством называют набор объектов, не идентичных друг другу, но объединённых набором параметров, например, общей функцией и отображением

в модели или на чертеже. В рамках одного семейства объекты могут делиться на типы, отличаться по размерам, материалам и другим характеристикам.

Семейства основные строительные блоки проекта модели. Абсолютно каждый проект состоит из семейств. На нынешнем этапе моделирования объектов достаточно хорошо разработаны семейства объектов для строительных конструкций, внутренних коммуникаций в здании: комплектующие вентиляции, водопровода, канализации, электрических сетей. Компании, выпускающие строительные материалы, комплектующие для коммуникаций, обстановки, заказывают BIM менеджерам разработку моделей своей продукции и размещение их в библиотеках с целью рекламы, внедрения их сначала в BIM модели, а потом и в объекты строительства.

Внешние коммунальные сети зданий пока еще обходят вниманием разработчики BIM моделей. Но все чаще проектировщики хотят видеть и окружающую здание действительность, оценивать какие коммуникации необходимо снести или перестроить в другом месте, построить вновь. Центр города и промышленные площадки – это очень загруженная территория сетью коммуникаций. Стандартный топографический план уже давно эффективно не отражает ситуацию. Электрические сети и сети связи находятся на глубине 1–2 м, ливневая и бытовая канализация, водопровод, тепловые сети 2–2,5 м. Эффективно их отслеживать, осуществлять своевременный ремонт, исключая порывы других сетей, важная задача эксплуатации объекта.

Объекты внешних сетей пока редко используются, поэтому готовых моделей в программе нет. Если трубы различных диаметров и материалов в программах можно задать стандартными средствами, то железобетонные изделия для моделей смотровых колодцев, камер, лотков необходимо моделировать. Связь модели и базы данных со стоимостью изделий позволит автоматизировано получать сметные расчеты, спецификации на снос и строительство объектов.

В ходе работы была использована Autodesk Revit программный комплекс для автоматизированного проектирования, реализующий принцип информационного моделирования зданий [3].

Важный шаг в освоении программы является понимание и работа с семействами. Основная задача заключалась в создании 3D моделей железобетонных колец и преобразование их в семейство. Железобетонные кольца используются в сооружении функциональных и ревизионных пунктов подземных инженерных систем. Применяют их в обустройстве водопроводных и канализационных колодцев различной категории и назначения.

С помощью инструмента «Выдавливание» создан 3D цилиндр, ему заданы параметры высоты, диаметра, текстура окраски (рис. 1).

Далее были выставлены значения для параметров, соответствующие ГОСТу 8020-90 [4]. Из готовой модели можно создать «типоразмеры в семействе», это означает, что модель может использоваться с разными высотами и диаметрами. С помощью данной функции можно создавать другие по параметрам модели, основанные на первоначальном объекте и заданными формулами.

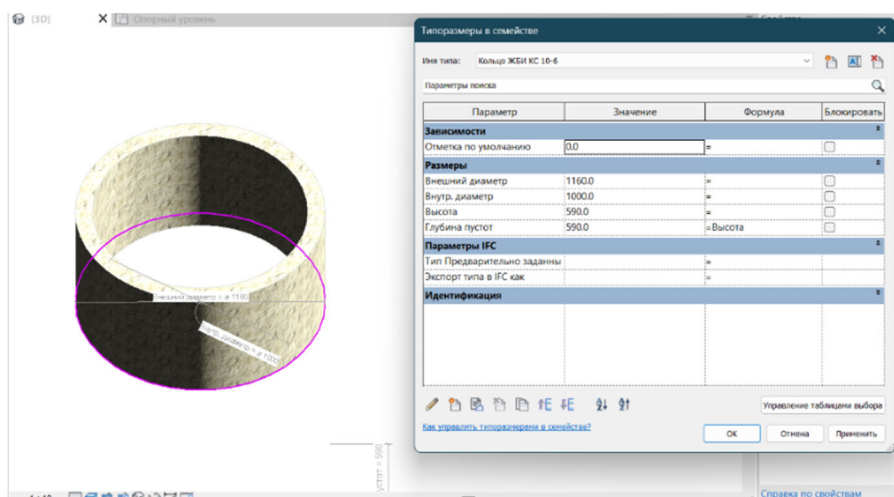


Рис. 1. 3D модель колодца

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гулик В.Ю. Перспективы внедрения BIM технологий. Архитектура, строительство, транспорт, №2 – 2021. – С. 58-63.
2. Что такое BIM и зачем новые технологии нужны девелоперам и госструктурам. [Электронный ресурс] <https://realty.rbc.ru/news/5ca1ceff9a794758d0568b37?from=copy>.
3. Руководство пользователя Autodesk Revit. [Электронный ресурс] - https://images.autodesk.com/adsk/files/-revit_mep_2011_user_guide_rus.pdf.
4. ГОСТ 8020-90 Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. - [Электронный ресурс] - <https://files.stroyinf.ru/Data/73/7381.pdf>.

© Д. А. Отрощенко, 2024

В. В. Путилова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ МИЦ (МОЛОДЕЖНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР) ДЛЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ СГУГИТ

Модель является удобным инструментом представления различной информации. Моделирование же подразумевает под собой исследование реально существующих объектов, воссоздание их реальных или виртуальных копий, прогнозирование событий, которые могут произойти в будущем. Преобразуя визуальную информацию об объекте, возможно создать трехмерную модель.

Визуальное представление является самым понятным и доступным способом передачи какой-либо информации широкому кругу лиц. То есть составленные графики, диаграммы, карты, объекты компьютерной графики являются одними из лучших средств представления информации

Для построения грамотной модели, включающей в себя несколько потоков данных, например, цвет, передача формы, размеров, положения в пространстве и многое другое, могут быть использованы различные исходные материалы, на основе которых модель приобретает практическое использование, находит связь с реальностью. Таким образом, трехмерное изображение способно передавать уникальные свойства оригинального предмета.

Для разработки трехмерной модели МИЦ СГУГиТ (молодежный информационный центр) были использованы фотографии, помогающие детализировать нужные участки прототипа объекта, и LiDAR скан помещения (рис. 1).



Рис. 1. Исходный LiDAR скан

LiDAR технология позволяет строить трехмерные модели и различные карты с помощью света, который измеряет расстояние от устройства до объекта. Лучи сканера генерируют множество импульсов, создавая массив точек, из которых в дальнейшем и строится компьютерный объект.

Для разработки трехмерной модели МИЦ средой моделирования выбраны программы Blender и ArchiCAD. Средой разработки для тестирования интерактивных функций был выбран Unreal Engine.

Unreal Engine и Blender были выбраны за их доступность, обширный функционал, а также за наличие большого и активного сообщества авторов, которые создают и обмениваются различным контентом и бесплатными образовательными материалами [1].

ArchiCAD позиционируется как программный комплекс для архитектурной визуализации и был выбран за удобные инструменты создания элементов помещения [2].

Процесс моделирования данной работы включал в себя построение частей модели, такие как стены, полукруглый рабочий стол в центре помещения, приборы, соотнесение размерной сетки программ с реальными данными, воспроизведение форм различных предметов и их визуальных свойств.

Конструирование каждого объекта осуществлялось при помощи инструментов, которые были доступны в прикладных программах, выбранных ранее [3]. Программы ArchiCAD и Blender преимущественно использовались для моделирования самих объектов, а в Unreal Engine собиралась итоговая сцена с определением коллизии объектов.

Чтобы перенести созданные модели из ArchiCAD в Unreal Engine, использовался плагин Datasmith, способный сохранить иерархию и точные позиции CAD моделей. В итоге была получена сцена, которая с точностью до нескольких сантиметров соответствовала используемому скану (рис. 2).



Рис. 2. Сравнение LiDAR скана и 3D модели

Простая трехмерная модель не представляет большого интереса, поэтому было принято решение о реализации интерактивных функций, позволяющих пользователю совершить виртуальную прогулку по МИЦ.

Ранее всем моделям была создана коллизия, определяющая непроходимый участок модели для виртуального персонажа. Для упрощения вычислений была использована простая коллизия, которая повторяет форму, но значительно упрощает геометрию объекта, чтобы при столкновении с ним не нагружать систему лишними вычислениями (рис. 3).

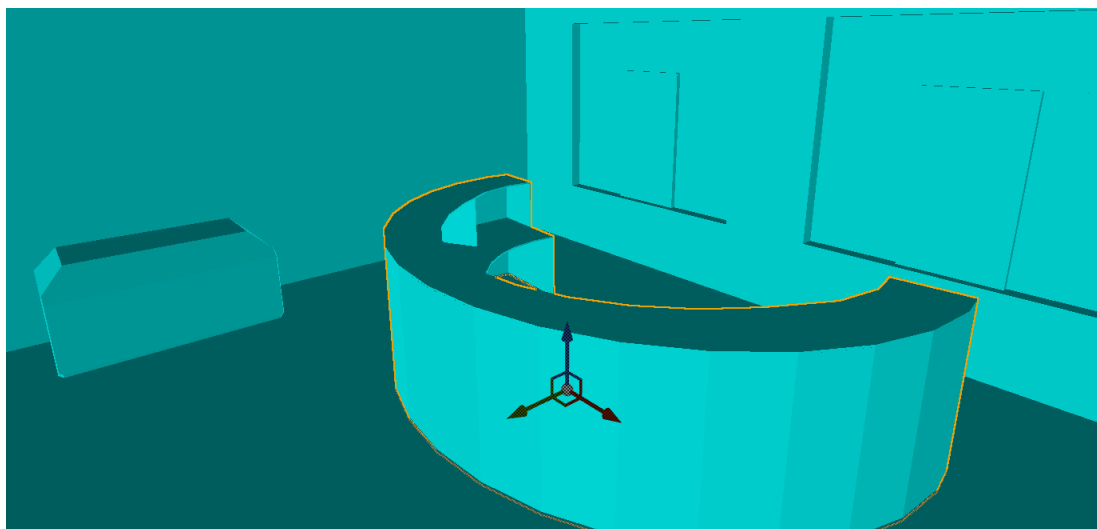


Рис. 3. Коллизии объектов МИЦ

Для реализации функций передвижения был создан виртуальный персонаж, использующий систему передвижения по нескольким осям, для улучшенного восприятия модели от первого лица. Это также помогало выявить какие-либо несоответствия на этапе просмотра проделанной работы.

Компьютерные модели в современное время могут быть использованы в разных сферах человеческой жизни. В основном они служат для представления информации в простом и понятном для восприятия виде. Создание модели МИЦ может быть полезно для разработки более крупной комплексной модели СГУГиТ, чтобы использовать ее в демонстрационно-ознакомительных целях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ресурс для загрузки материалов для 3D моделирования [Электронный ресурс] – URL: <https://www.cgtrader.com>.
2. ARCHICAD-A 3D architectural BIM software for design & modeling [Электронный ресурс] – URL: <https://graphisoft.com/ru>.
3. Сайты загрузки объектов Archicad [Электронный ресурс] – URL: <https://graphisoft.com/ru/downloads>.

© В. В. Путилова, 2024

М. И. Рубанова

Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ)

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ ПАРКИНГА НА 300 МАШИНО-МЕСТ В Г. ТОМСКЕ)

Архитектурное проектирование зданий и сооружений представляет собой довольно сложный процесс, в результате которого архитектор выполняет комплекс задач по сбору и анализу исходной информации об объекте, его функциональных особенностях, изучает актуальные нормативные документы для поиска оптимального решения. В результате на основе проведенных исследований и обоснования предлагаемого проектного решения, создаёт архитектурный проект.

Автором уже ранее были рассмотрены концептуальные основы проектирования при создании досугового студенческого центра ТГАСУ в г. Томске [1], которые являются важным этапом предпроектного анализа при поиске оптимального проектного решения. Настоящее исследование посвящено еще одной составляющей части архитектурного проектирования – трехмерному моделированию, позволяющему представить проектное решение наиболее наглядно и выигрышно.

Цель исследования – показать на конкретном примере (Паркинг на 300 машино-мест в г. Томске) роль трехмерного компьютерного моделирования в архитектурном проектировании.

Задачи исследования: рассмотреть стадию «Эскизный проект» в составе архитектурного проектирования зданий и сооружений; определить пользу трехмерного моделирования в процессе подготовки проектной документации; на разработанном автором проекте рассмотреть комплекс программ, использованных для создания качественной визуализации проектного решения.

Важным этапом в процессе проектирования объекта является стадия «Эскизный проект», которую часто заказчики недооценивают и стараются пропустить. Однако именно на этом этапе происходит поиск оптимального объемно-планировочного решения здания, определяется конфигурация и посадка его на местности (ориентация по сторонам света), прорабатываются функциональные связи помещений, просчитывается энергоэффективность здания и инсоляция отдельных помещений, рассматриваются возможные приемы применения шумозащиты, эргономики пространства и другие детали, определяющие качественное профессиональное проектирование. На этом же этапе идет поиск и выразительного архитектурного объема, выдержанного в определенном стиле. В результате этого комплексного анализа, архитектор формирует общую концепцию объекта, обладающего удобной, сбалансированной планировкой, хорошо продуманным освещением, отвечающему как современным гигиеническим требованиям комфорта, так и удовлетворяющему эстетические потребности заказчика. Также, пра-

вильный, компетентный подбор строительных и отделочных материалов поможет достичь баланса между адекватным бюджетом, качеством и сроком службы используемых материалов. [2]

Для того чтобы максимально понятно донести архитектурную идею до заказчика в архитектурном проектировании применяются технологии трехмерного моделирования.

Трехмерное моделирование объектов архитектуры позволяет архитекторам создавать виртуальные модели зданий и сооружений, рассматривать их под различными углами, в том числе в контексте окружающей застройки, еще на стадии проектирования. Это позволяет:

- исключить нежелательные нестыковки в непосредственном реальном воплощении объектов;
- наиболее информативно донести проектные решения до заказчика и подрядчиков;
- найти оптимальные решения и избежать ошибки при работе со смежниками (на стадиях проектирования) и строителями (на стадии реализации).

Для выполнения трехмерной модели архитектурного объекта существует множество вариантов программного обеспечения, каждый из которых обладает определенным набором функций и имеет ряд преимуществ. Часто архитекторы пользуются такими программами, как 3ds Max, Autodesk Revit, SketchUp, Blender 3D, Rhino и др.

Разработанную трехмерную модель можно доработать с помощью дополнительных программ и создать достаточно фотореалистичное изображение и в последующем сделать анимацию, чтобы показать, как объект будет выглядеть в реальной жизни.

3D-моделирование широко используется архитекторами и дизайнерами в самых разных областях, например:

- архитекторы используют программное обеспечение для 3D-моделирования зданий, что позволяет им визуализировать объекты и показывать, как будет выглядеть здание в окружающей среде;
- разработчики продуктов используют 3D-моделирование для создания и тестирования прототипов своих изделий, что позволяет им усовершенствовать дизайн и выявить любые проблемы до того, как продукт будет изготовлен;
- геймдизайнеры используют 3D-моделирование для создания персонажей, окружения и объектов в своих играх, обеспечивая игрокам более захватывающий и детализированный опыт. [3]

Для выполнения экспозиции архитектурного проекта обычно требуется комплекс программ, позволяющий достичь качественного результата. Рассмотрим пример курсового проекта многоэтажной гараж-стоянки на 300 машиномест в г. Томске, выполненный в рамках дисциплины «Архитектурное проектирование» в архитектурно-строительном вузе.

Проект паркинга на 300 машиномест в г. Томске нацелен на создание акцентной архитектуры в городе, так как объект располагается на фоне монотон-

ных жилых многоэтажных зданий, без ярко выраженных архитектурных решений. Город становится интереснее для изучения, когда архитектурные объекты, выполняющие утилитарные функции, имеют яркую акцентную архитектуру снаружи.

С помощью параметрических фасадов удалось создать необычный объем, сохранив в плане прямоугольную форму, удобную для эксплуатации здания. На одном из фасадов применена световая панель, которая также выделяет здание на фоне окружающей архитектуры.

В объекте применены контрастные строительные материалы: металлокаркас, бетон, стекло, световые панели и профилированное железо. Таким образом, получилось создать архитектурный объект, в котором применены новые современные технологии, материалы и современные тенденции в архитектуре.

Проект здания выполнен с учетом действующих норм и требований, а также с использованием современных компьютерных программ для BIM-моделирования. Для моделирования параметрических фасадов здания использовалась программа Rhino Grasshopper, позволяющая рассчитать не стандартные параметрические конструкции. Один из фасадов здания представляет собой световую панель, на которую можно транслировать рекламные ролики (рис. 1).

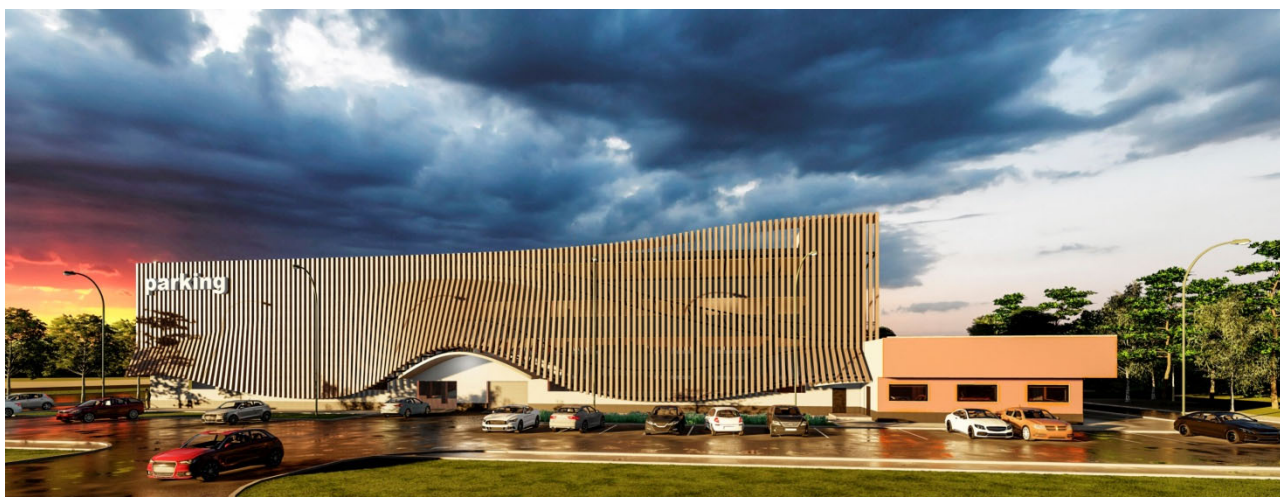


Рис. 1. Общий вид паркинга на 300 машино-мест в г. Томске.

Для создания визуализации паркинга (3D картинок и видеоролика) использован комплекс программ, представленный в таблице 1.

Необходимо также отметить, что большинство программных продуктов для трехмерного моделирования иностранного производства и их приобретение и использование в реальном проектировании связано с рядом ограничений. Поэтому необходимо расширять и усовершенствовать ряд отечественных программных продуктов для 3D моделирования.

В результате проведенного исследования, автором выполнены все поставленные задачи – рассмотрена стадия архитектурного проектирования, в которой трехмерное моделирование является максимально удобным средством, чтобы

донести архитектурную идею до заказчика; выявлены плюсы трехмерного моделирования в процессе подготовки проектной документации; на разработанном автором проекте рассмотрен комплекс программ, использованных для создания качественной визуализации проектного решения.

Таблица 1

№ п/п	Программные продукты	Виды работ
1	SketchUp	Эскизирование - поиск объемно-планировочного решения
2	Autodesk Revit	Проектирование - разработка принятых планировочных решений, выполнение чертежей (планов, фасадов, разрезов)
3	Rhino Grasshopper	Параметрическое моделирование - моделирование навесной параметрической конструкции фасадов
4	Act-3D Lumion PRO	3D визуализация - применялась для демонстрации проектируемого объекта в окружающей среде (создание видеоролика и 3D картинок)
5	Adobe Photoshop	Обработка рендеров – использовалась для доработки отрендеренных картинок (свето- и цветокоррекция, подбор разрешения, применение фильтров и пр.)
6	CorelDRAW	Компоновка проекта – использовалась для сборки проекта и подготовки его к печати

Таким образом, трехмерное моделирование является эффективным инструментом для представления архитектурных идей до воплощения их в жизнь. Используя 3D-моделирование, архитекторы и дизайнеры могут улучшить коммуникацию между заказчиком и исполнителями, создать лучшую визуализацию и снизить затраты, избежав возможных ошибок при реальном воплощении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рубанова, М. И. Концептуальные основы проектирования досугового студенческого центра ТГАСУ в г. Томске / М. И. Рубанова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 84-97. – DOI 10.31675/1607-1859-2023-25-4-84-97.
2. Архитектурное проектирование URL: <https://alpa.pro/ob-arkhitekturnom-proyektirovanii/> (дата обращения 26.11.23).
3. 5 Практических примеров приложения 3D-моделирования в архитектуре URL: <https://vr-app.ru/blog/5-prakticeskix-primerov-prilozeniia-3d-modelirovaniia-v-arxitekture/> (дата обращения 26.11.23).

© М. И. Рубанова, 2024

А. С. Сидорова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУТУ)

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МАКЕТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В последнее время все чаще поднимается вопрос перехода от двухмерного кадастра к трехмерному. Это связано с развитием строительства и архитектуры, поскольку сейчас все более популярны многоуровневые и нависающие объекты. Трехмерное отображение объектов местности может изрядно расширить возможности планирования и проектирования объектов, а также кадастрового учета.

Сегодня роль информационных технологий стремительно возрастает, благодаря чему они становятся все более востребованными в различных сферах жизни, включая архитектуру и строительство, а с переходом к трехмерному кадастру и в кадастровых отношениях. Процесс создания объемного объекта называется моделированием.

Необходимость создания макета является неотъемлемой частью проектирования, поскольку без него невозможно гарантировать точность расчетов и жизнеспособность будущего объекта. Макетирование помогает оценить его структуру, размеры, пропорции, цветовые и фактурные решения.

Одним из перспективных направлений развития макетирования и прототипирования зданий и сооружений являются аддитивные технологии. Под ними подразумевается метод создания трехмерных объектов, путем послойного синтеза или выращивания их по цифровой 3D-модели [1].

Существует несколько технологий аддитивного производства, одной из самых распространенных является Fused Deposition Modeling (FDM) в силу своей простоты, доступности и дешевизны. Моделирование по этой технологии производится посредством наплавления материала (обычно пластика) с помощью экструдера.

Процесс создания модели с помощью FDM-технологии производства выглядит следующим образом [2-5]:

- 1) материал (пластиковый пруток), проходя через печатающую головку нагревается до температуры плавления и подается в рабочую область;
- 2) система регулирует подачу материала, управляет движением и нагревом печатающей головки;
- 3) наплавление слоя происходит безотрывно;
- 4) после нанесения пластик должен остыть до температуры затвердевания, для этого используется специальный вентилятор обдува рабочей области, закрепленный непосредственно на печатающей головке.

Материалы пригодные для работы с FDM-технологией печати разнообразны и, более того, постоянно появляются новые виды. К основным материалам, используемым в FDM-печати, относят такие пластики как ABS, PLA, PETG, TPU, нейлон, поликарбонат.

В рамках конкурса «Лучший проект реновации геодезического полигона СГУГиТ» на базе Учебно-образовательной лаборатории «Информационное моделирование и прототипирование» был разработан проект объекта капитального строительства (рис. 1).

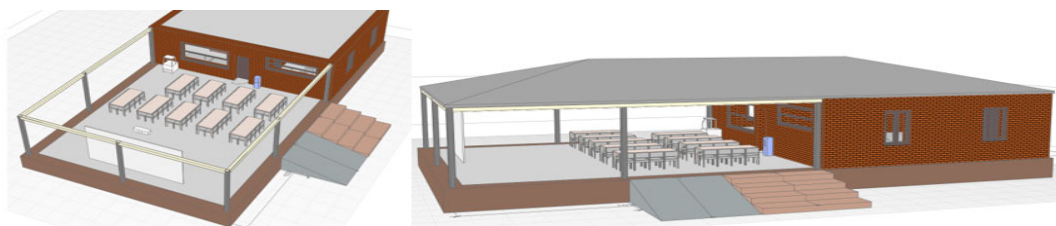


Рис. 1. Проект объекта капитального строительства

Объект представляет собой летний вариант столовой, которая в вечернее время трансформируется в актовзй зал посредством перестановки мебели. В связи с тем, что на учебном полигоне необходимость в столовой возникает только в летний период, был предложен именно летний вариант. Это в свою очередь позволит сэкономить на строительных материалах и материалах для создания отопительной системы здания. От дождя и солнца позволят укрыться специальные мягкие окна, сделанные из высокопрочной ПВХ-пленки. Такие окна на период благоприятной погоды сворачиваются в рулон. Объект включает в себя три помещения: кухню, раздачу и комнату отдыха. Для участия в конкурсе проект был создан в BIM-системе Renga.

В Renga представлен широкий функционал для экспорта созданных в нем проектов в различные форматы, в том числе С3D, что позволяет проводить дальнейшую обработку и в других трехмерных редакторах.

В качестве трехмерного редактора для создания сборной модели объекта капитального строительства был выбран NanoCAD. В нем разделили объект на три основные детали: фундамент, стены, крыша. Также были созданы дополнительные детали в виде поддерживающих колонн, которые тоже печатали отдельно. Для упрощения сборки распечатанной модели были сделаны технологические пазы для установки стен на фундамент, а также технологические отверстия для поддерживающих элементов кровли (рис. 2).

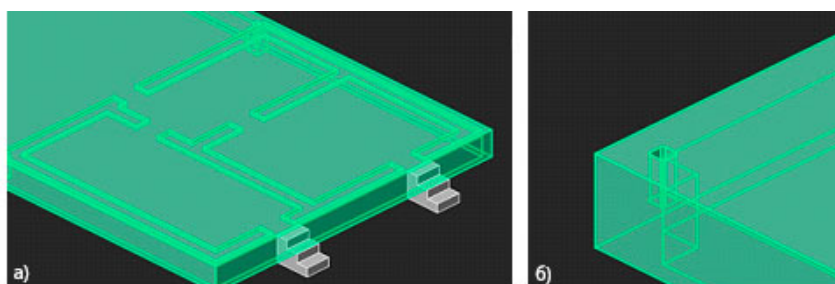


Рис. 2. Особенности сборной модели:

а) технологические пазы; б) технологические отверстия

Так как модель печаталась в масштабе 1:100, некоторые элементы, такие как мебель, оконные рамы и двери в указанном масштабе станут очень мелкими. Например, ножка стола размером 100x100 мм при печати будет размером 1x1 мм, такие элементы невозможно воссоздать, так как используемый принтер со стандартным соплом (0,4 мм) не позволяет добиться такой детализации. Поэтому было принято решение при создании сборной модели удалить указанные элементы.

Подготовка цифровой модели к печати производится с помощью программ-слайсеров, которые преобразуют модель объекта в код (G-код) для управления печатью. В проекте в качестве слайсера использовали программу UltiMaker Cura 3D (рис. 3).

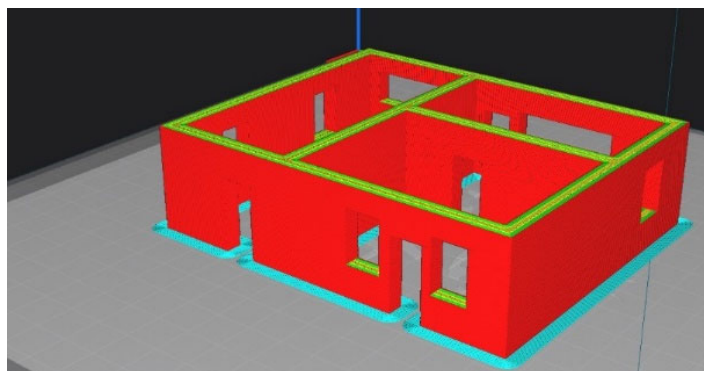


Рис. 3. Вид модели в программном продукте UltiMaker Cura 3D

Составляющие части сборной модели были распечатаны на принтере Creality Ender 3. Он является одним из самых популярных и доступных среди FDM 3D принтеров. Его конструкция позволяет печатать твердыми легкоплавкими видами пластика с точностью позиционирования 0,1 мм. Область печати 220x220x250 мм.

На качество печати влияют следующие факторы:

- температура окружающей среды играет важную роль в 3D-печати, так как она влияет на текучесть используемого в печати материала. Неправильная температура может привести к деформации или недостаточной адгезии слоев;

- влажность воздуха тоже важный параметр, так как используемые пластики для FDM-печати сильно гигроскопичны. Если влажность пластика слишком высока, то при нагреве накопленная влажность начинает кипеть и вспенивать материал. Это влечет за собой неравномерность и прерывистость подачи материала, что в свою очередь ухудшает визуальные и прочностные характеристики печатаемой модели. Для того чтобы избежать такого увлажнения пластика при хранении используются специальные герметичные пакеты. А если пластик уже накопил влагу, то прежде, чем печатать им, необходимо просушить его в специальной сушилке.

Различные материалы имеют разные свойства и требуют разных параметров печати. Некоторые материалы могут требовать более высокой температуры или скорости печати, чем другие.

Для печати был выбран пластик PetG белого цвета, температурные режимы для нагрева сопла и стола 230°C и 65°C соответственно. В общей сложности на печать проекта было затрачено 1454 минуты и 196 грамм пластика. Более подробные данные приведены в сводной таблице 1.

Таблица 1

Сведения о печати

Элемент	Размеры (X, Y, Z), мм	Количество, шт	Время печати, мин	Масса пластика, грамм
Фундамент	214, 114, 9	1	352	46
Стены	90, 110, 30.1	1	406	61
Крыша	230.6, 120.9, 18.1	1	685	87
Колонны	2.5, 32.78, 2.5	7	11	2
		Итого:	1454	196

Подводя итоги проделанной работы можно сделать вывод что 3D-печать FDM-методом пригодна для прототипирования проектных решений с некоторыми ограничениями:

- 1) максимальные размеры печатаемой модели не должны превышать размеров области печати 3D-принтера;
- 2) элементы печатаемой модели не должны быть меньше диаметра сопла;
- 3) у модели не должно быть нависающих элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гончарова О.Н., Бережной Ю.М., Бессарабов Е.Н. [и др.] Аддитивные технологии – динамично развивающееся производство. – Инженерный вестник Дона, №4 (2016). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnye-tehnologii-dinamichno-razvivayuscheesya-proizvodstvo>.
2. Аббасов А.Э. Перспективы развития аддитивных технологий // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. 2015. № 5-1. С. 21-26.
3. Юрасов Н.И. О возможностях развития аддитивных технологий в России // Современная экономика: проблемы и решения. 2015. № 9 (69). С. 72-79.
4. Забелин Б.Ф., Иконников Е.А. Экономические аспекты развития аддитивных технологий // Вестник научных конференций. 2015. № 3-3 (3). С. 64-67.
5. Каблов Е.Н. Аддитивные технологии - доминанта национальной технологической инициативы // Интеллект и технологии. 2015. № 2 (11). С. 52-55.
6. Кузнецов П.А., Васильева О.В., Теленков А.И., Савин В.И., Бобырь В.В. Аддитивные технологии на базе металлических порошковых материалов для российской промышленности // Новости материаловедения. Наука и техника. 2015. № 2. С. 4-10.
7. Коротеев Д.Д., Коренева А.И. Применение аддитивных технологий производства в строительстве на примере разработки 3D-модели с последующей печатью. – Системные технологии. – 2021. – №39. – С. 20-29. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-additivnyh-tehnologiy-proizvodstva-v-stroitelstve-na-primere-razrabotki-3d-modeli-s-posleduyushey-pechatyu/viewer>.

Инерционный ударник установлен в затворе, и после удара курком он перемещается вперед, прокалывая капсюль, а затем отходит назад в затвор, обеспечивая высокий уровень безопасности [1].

Кроме того, следует отметить, что Colt M1911 имеет характерные черты, которые подчеркивают его уникальность в мире огнестрельного оружия. Эти черты включают в себя детали, такие как характерная форма щек рукоятки, оригинальные предохранительные устройства и удобные габариты. Важно отметить, что каждая из этих деталей спроектирована с учетом эргономики и функциональности, придавая пистолету не только эстетическое величие, но и практическую эффективность в различных условиях использования.

Для создания трехмерной модели пистолета Colt 1911 в программе КОМПАС-3D использовались современные методы и технологии. В результате были смоделированы различные компоненты, включая ствол с шарнирной серьгой, рамку, затвор, ударно-спусковой механизм и другие элементы, сохраняя при этом детали и пропорции оригинального оружия. Такой подход к созданию 3D-модели пистолета Colt 1911 в программе КОМПАС-3D позволяет не только увеличить детализацию и реализм модели, но и обеспечивает ее более однородной структурой. В конечном итоге, создание подобных трехмерных моделей способствует лучшему пониманию конструкции и характеристик оружия, а также может быть полезным инструментом для обучения и демонстрации [2].

При создании трехмерной модели пистолета Colt 1911 в программе КОМПАС-3D активно использовались оригинальные чертежи данного оружия. Эти чертежи, предоставленные в официальной документации и технических ресурсах, служили основой для точного воссоздания геометрических форм, размеров и пропорций каждой детали.



Рис. 2. Готовая модель M1911 в сечении

Использование чертежей при моделировании не только гарантирует высокую степень точности и соответствия трехмерной модели оригиналу, но также подчеркивает важность сохранения конструктивных параметров и дизайнерских особенностей Colt 1911. Этот подход обеспечивает не только визуальную точность модели, но и соответствие функциональных характеристик оригинальному оружию.

Таким образом, включение чертежей в процесс создания 3D-модели пистолета Colt 1911 в программе КОМПАС-3D подчеркивает тщательный и технически обоснованный подход к реализации проекта, а также поддерживает высокий уровень детализации и точности моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. William B. Ruger. 22 caliber conversion for a Colt 45 caliber semi-automatic pistol. U. S. Patent US2898639A (April 17, 1956).
2. Drawings of the Government Model M1911-A1 Semi-Automatic Pistol, Originally Designed by John M. Browning for Colt Firearms Company, CAD Modeled and Redrawn Using Present-Day Standards and Technology by Rio Benson, Rio Benson Consulting ©2012 // The M1911 Pistols Organization Home URL: https://m1911.org/M1911-A1_REDUX.pdf (дата обращения: 29.11.2023).
3. M1911 // журнал «Мастер-ружьё», № 2 (83), февраль 2004. С. 62-65.
4. Официальный сайт КОМПАС 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/>.

© Е. П. Соколов, Т. А. Найгайзер, 2024

СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ КАЛИМБЫ

Калимба – африканский ударный музыкальный инструмент класса ламеллафонов или щипковых язычковых идиофонов. Распространён в Центральной и Южной Африке и на острове Мадагаскар [1].

Калимба состоит из полого деревянного корпуса, переднего резонаторного отверстия, двух задних резонаторных отверстий и ряда металлических пластинок. Корпус в инструменте выступает в роли резонатора, а пластинки производят звук при колебании.

КОМПАС-3D – это российская импортонезависимая система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий и сотен тысяч профессиональных пользователей. Широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного производств в таких отраслях промышленности, как машиностроение, приборостроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, вагоностроение, металлургия, промышленное и гражданское строительство и товары народного потребления [2].

В задачи разработки входят снятие размеров с существующей материальной калимбы с последующим построением трёхмерной модели конструкции, используя программу КОМПАС-3D.

Модель конструкции калимбы содержит следующие элементы:

- корпус, выступающий в роли резонатора;
- три резонаторных отверстия для придания объёмного звучания;
- металлические пластины-язычки, создающие звук при колебаниях;
- две опоры и держатель пластин-язычков.

На рис. 1-5 представлены этапы создания модели.

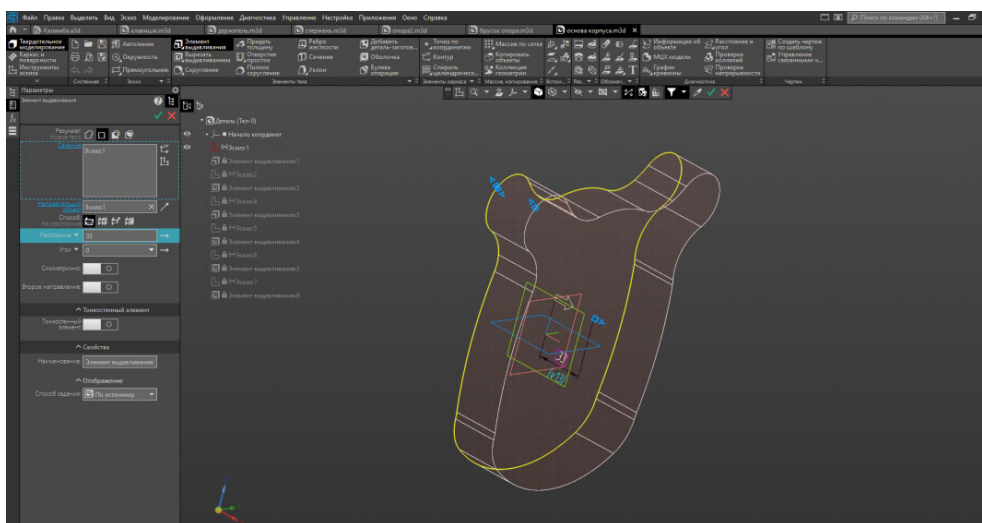


Рис. 1. Создание корпуса

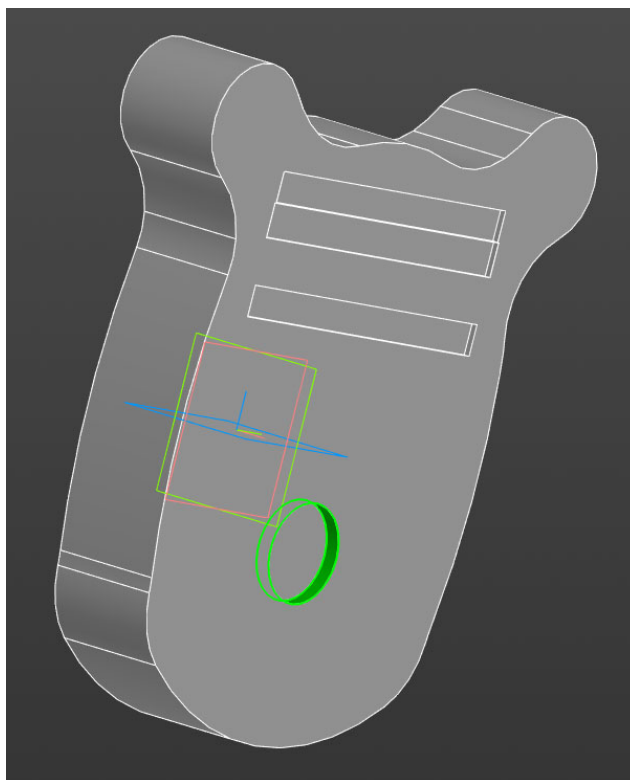


Рис. 2. Конечный вариант корпуса

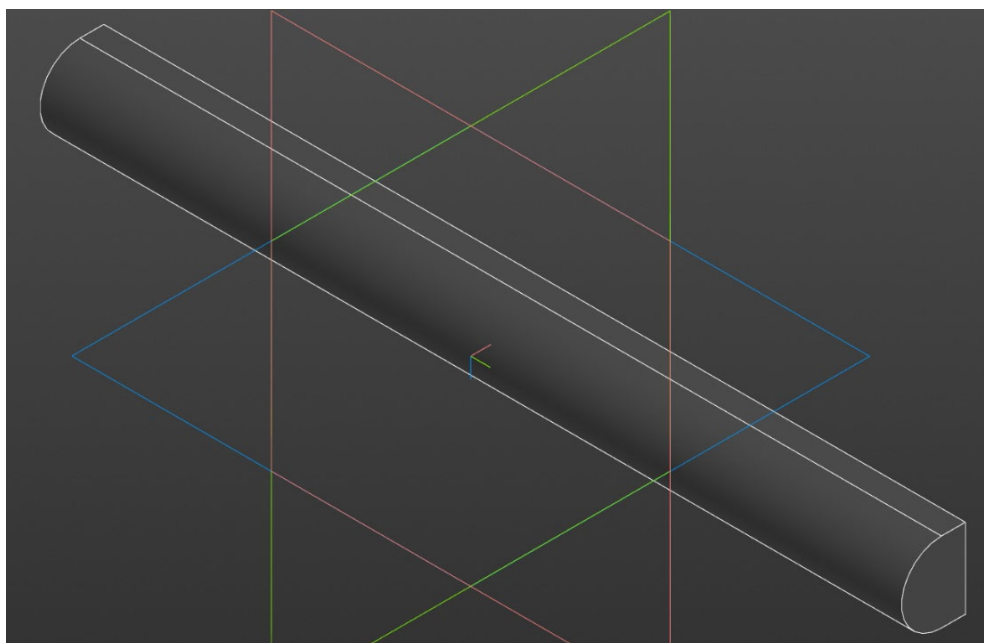


Рис. 3. Создание опор для пластинок

Программа КОМПАС-3D позволяет как моделировать, так и получать конструкторские чертежи разработанных изделий. В ней можно точно визуализировать проект, увидеть его в пространстве и быстро скорректировать ошибки.

Также в программе можно подготовить чертежи модели точно по ГОСТам ЕСКД.

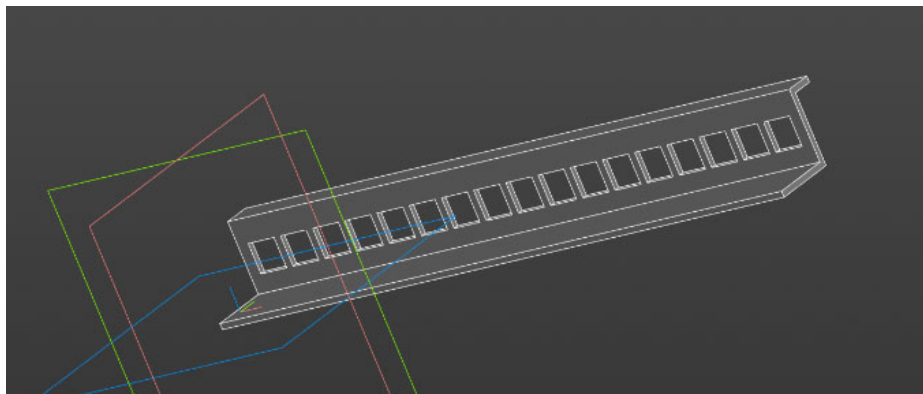


Рис. 4. Создание удерживающей пластины

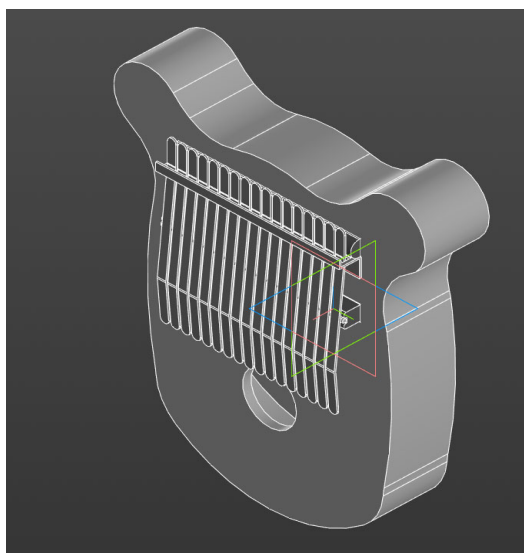


Рис. 5. Готовая модель

КОМПАС-3D достаточно мощное программное обеспечение (ПО), а самое главное, что данное ПО является продуктом отечественной разработки и стабильно получает обновления. С каждым годом программа все совершенствуется, становится более доступной и удобной для нового пользователя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. Официальный сайт КОМПАС 3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/>.

© П. Е. Соколов, 2024

И. В. Тетервова, Б. В. Юдин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БОЕПРИПАСА

При изучении аэродинамических свойств боеприпасов стала интересна возможность уменьшения возникающей нагрузки при обтекании тела в сверхзвуковом потоке. Для этого было проведено моделирование движения боеприпаса 130 мм в приложении SolidWorks, представляющий из себя программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства.

Предполагалось что скорость исследуемого боеприпаса составляла 900 м/с. Со сверхзвуковой скоростью вокруг БП образовалась характерная форма ударной волны, которая называется «конусом Маха», представленная на рис.1. Этот конус образуется из-за разницы скоростей звука и скорости движения боеприпаса [1].

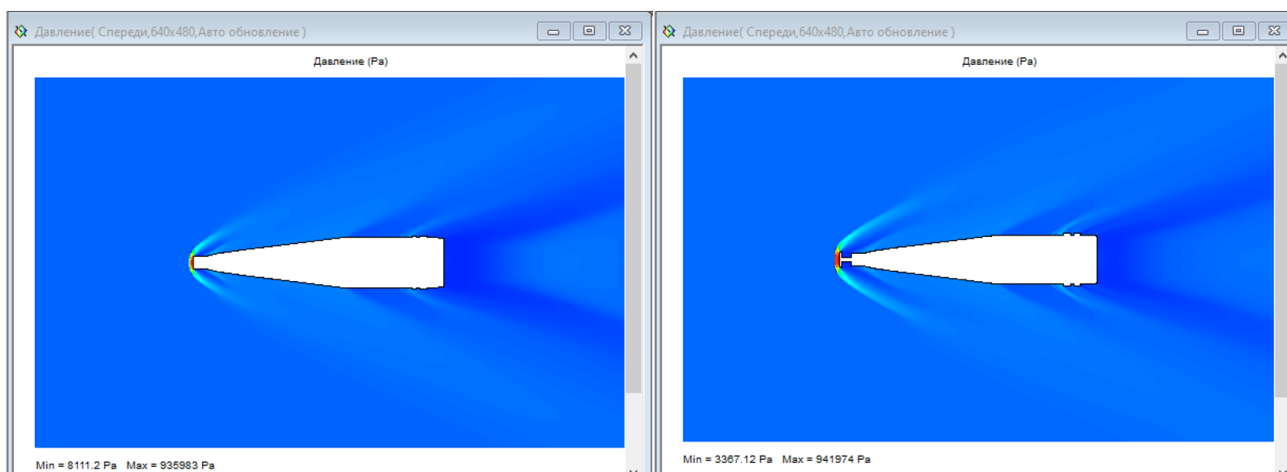


Рис. 1. Конус Маха

При обтекании боеприпаса воздухом, последний сначала ускоряется до сверхзвуковой скорости, что вызывает образование скачка уплотнения или ударной волны. Эта волна имеет форму конуса, вершина которого находится на поверхности боеприпаса, а основание движется вперед.

За пределами конуса Маха воздух движется со сверхзвуковой скоростью, а внутри конуса - со скоростью ниже звуковой. Размеры конуса Маха зависят от формы боеприпаса, его скорости и свойств окружающей среды.

Образование конуса Маха влияет на аэродинамические характеристики боеприпаса и может привести к изменению его траектории, а также к появлению дополнительных сил и моментов, действующих на боеприпас.

Сила сопротивления и интенсивность аэродинамической волны при движении боеприпаса в сверхзвуковом потоке тесно связаны с характеристиками самого боеприпаса и условиями его движения.

Сила сопротивления определяется рядом факторов, включая форму боеприпаса, его размеры и скорость движения. При движении боеприпаса со скоростью, превышающей скорость звука (сверхзвуковая скорость), возникает аэродинамическая волна, которая создает дополнительное сопротивление. Интенсивность этой волны зависит от отношения скорости боеприпаса к скорости звука [2].

Форма боеприпаса влияет на эффективность аэродинамического обтекания, что в свою очередь может повлиять на баллистические характеристики. В случае исследуемого боеприпаса рассматривается носовая часть, представленная на рис.2, в которой расположен взрыватель, имеющий тупую часть, которая первой встречается с падающей аэродинамической волной.

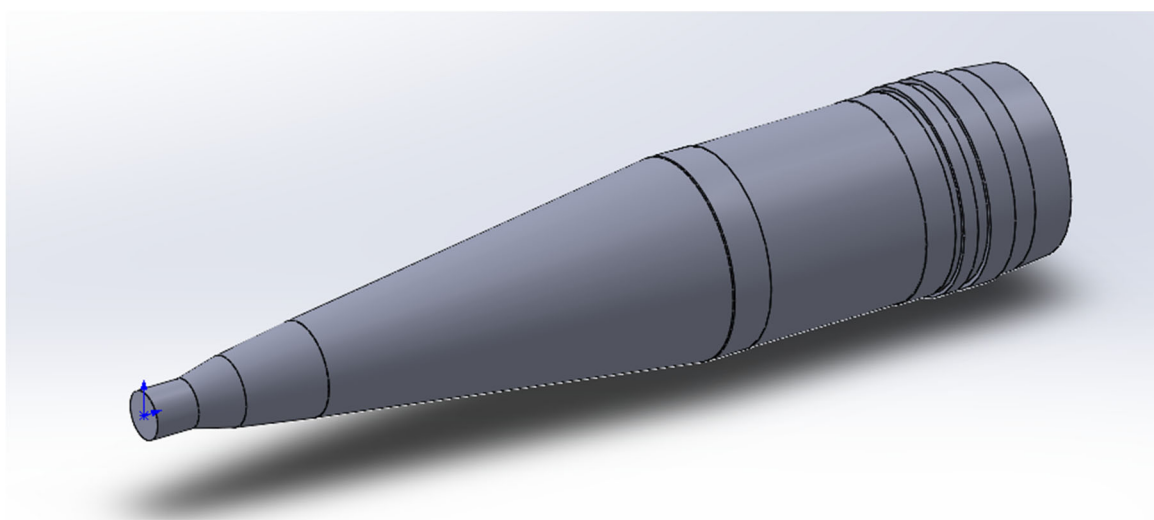


Рис. 2. Боеприпас 130 мм

Влияние формы носа-взрывателя боеприпаса на обтекание и силу сопротивления в сверхзвуковом потоке является сложной задачей, так как форма взрывателя может существенно влиять на характеристики потока и создавать дополнительные аэродинамические нагрузки.

В литературе можно встретить исследования на уменьшение сопротивления, за счет использования тонкой иглы, выступающей из любой части тупого тела [3].

Нами предположено, что при дополнительном конструктивном элементе на носовой части можно добиться уменьшения нагрузки и силы сопротивления. Данный дополнительный элемент имеет форму плоской круглой поверхности на ножке, представленная на рис.3.

При добавлении данного элемента наблюдается уменьшение давления, оказываемого на боеприпас. На рис.4 представлены результаты моделирования для боеприпаса с классической носовой частью и «тупой» носовой частью.

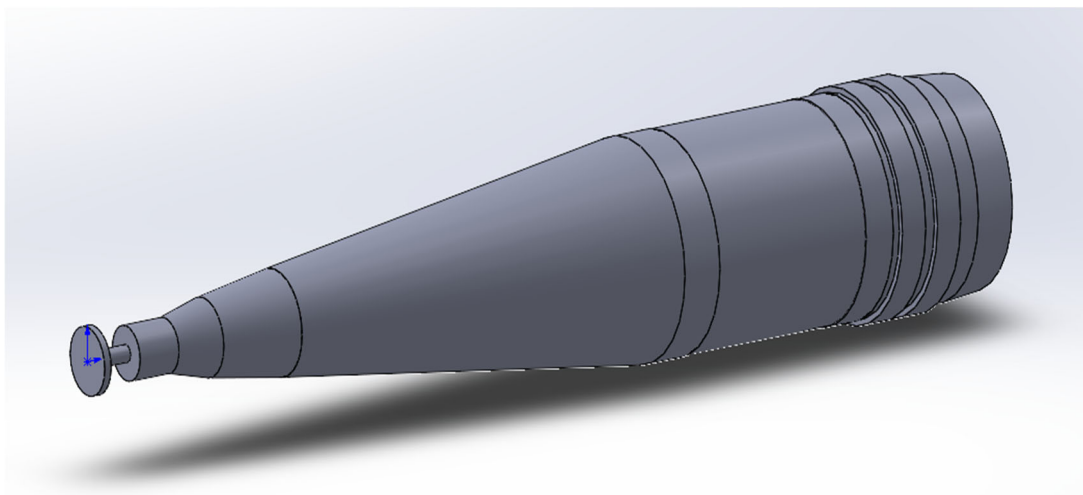


Рис. 3. Форма дополнительного элемента

б

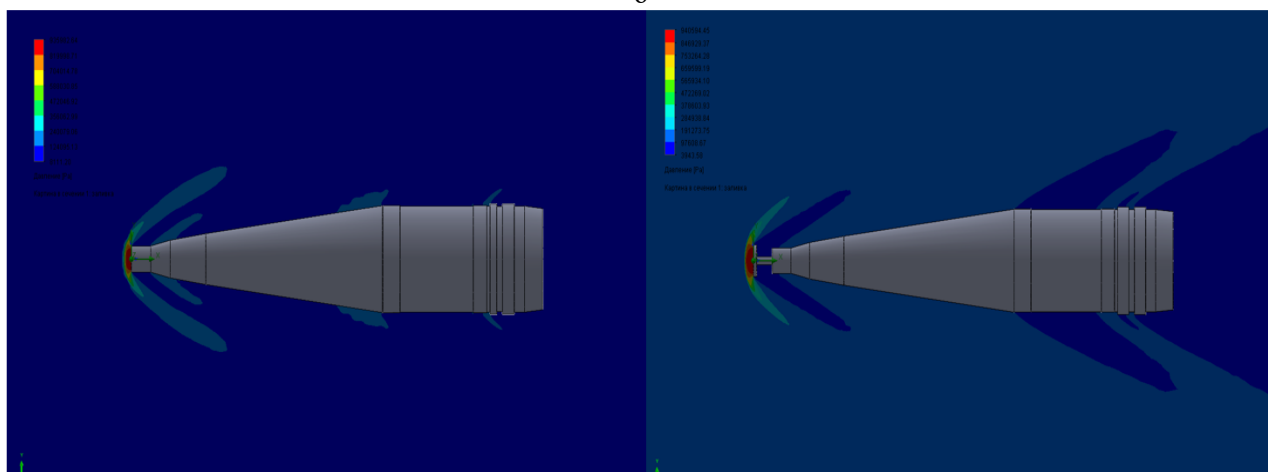


Рис. 4. Результаты моделирования

При расчетах аэродинамических параметров БП 130 мм с классической носовой частью и дополнительным элементом начальные и граничные условия настраивались одинаково, в каждом случае выбиралась одна расчетная сетка, набор решаемых уравнений совпадал [4].

Снижение коэффициента сопротивления составило с $C_x = 0,38$ в исходной схеме до $C_x = 0,23$ в изменённой схеме, улучшение показателя составило больше 20 процентов. Полученные результаты показывают возможность применения данного эффекта.

Такое изменение в аэродинамической схеме влечёт необходимость изменения конструкции взрывателя, что может вызвать сложности в изготовлении. Поэтому будет исследовано максимально возможное уменьшение сил сопротивления и оценена дальность полета БП при новой схеме. По данным результатам можно будет сказать имеют ли данные изменения в конструкции взрывателя положительный эффект в сравнении с затратами на изготовление.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

4. Абрамович Г.Н. Аэродинамика потока в открытой рабочей части аэродинамической трубы // Москва: изд. и тип. Центр. аэрогидродинамич. ин-та им. проф. Н. Е. Жуковского, 1935 – С. 236.
5. Лойцянский Л.Г. Аэродинамика пограничного слоя // Ленинград; Москва: Гостехиздат, 1941 – С. 412.
6. Чжен П. Отрывные течения 1 том // Издательство «Мир» Москва, 1972 С. – 300.
7. Руководство для учащихся по изучению программного обеспечения SolidWorks // учебное пособие – С.156.

© И. В. Тетерзова, Б. В. Юдин, 2024

А. А. Урсулов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТАНКОВ ПО ВСЕЛЕННОЙ КНИГ И НАСТОЛЬНЫХ ИГР WARHAMMER 40000

Вселенная Warhammer 40000 крайне специфическое образование вобравшее в себя множество аллюзий на исторические события и мифологию разных времен и народов. В больших количествах встречаются отсылки на различные религиозные мотивы, например, интеграция Чуда Георгия Победоносца в историю одного из важнейших персонажей. Исторические же отсылки охватывают большую часть истории человечества. А при учете того, что это вселенная далекого будущего, где соседствуют высокотехнологичные виды холодного оружия и машины войны, технические решения приобретают причудливые формы, о паре таковых решений и идет речь.

В связи с трудностями в оплате и доставки моделей и миниатюр для настольных игр и стендового моделизма, произошел скачок развития 3D моделирования в данных областях с целью заполнения освободившейся ниши. В публикациях [1,2] показаны различные модели и их этапы моделирования.

Целью работы является эксперимент с разработкой техники из вселенной Warhammer 40000 средствами САПР «Компас-3D» и возможной последующей передачи готовых моделей в пользование людей, занимающихся печатью миниатюр и моделей.

Ввиду возросшего опыта 3D моделирования было принято решение о создании сверхтяжелого танка Vaneblade (Гибельный клинок) (рис. 1). Данный, культовый в сообществе, танк выделяется всем, начиная с массы, превышающей 300 тонн, так и 11 орудиями, расположенными в 4 башнях и 2 спонсонах.



Рис. 1. Основа для модели танка «гибельный клинок»

Сложности в моделировании данного танка много, размер и конструкция, а также высокий уровень детализации и наличие украшений. Однако модель была создана (рис. 2), что заняло более 180 часов. Ключевые особенности модели: способ крепления башни, позволяющий уменьшить вдвое количество положений, в которых башня начинает выпадать из корпуса (рис. 3), украшения задней части двигательного отсека (рис. 4).

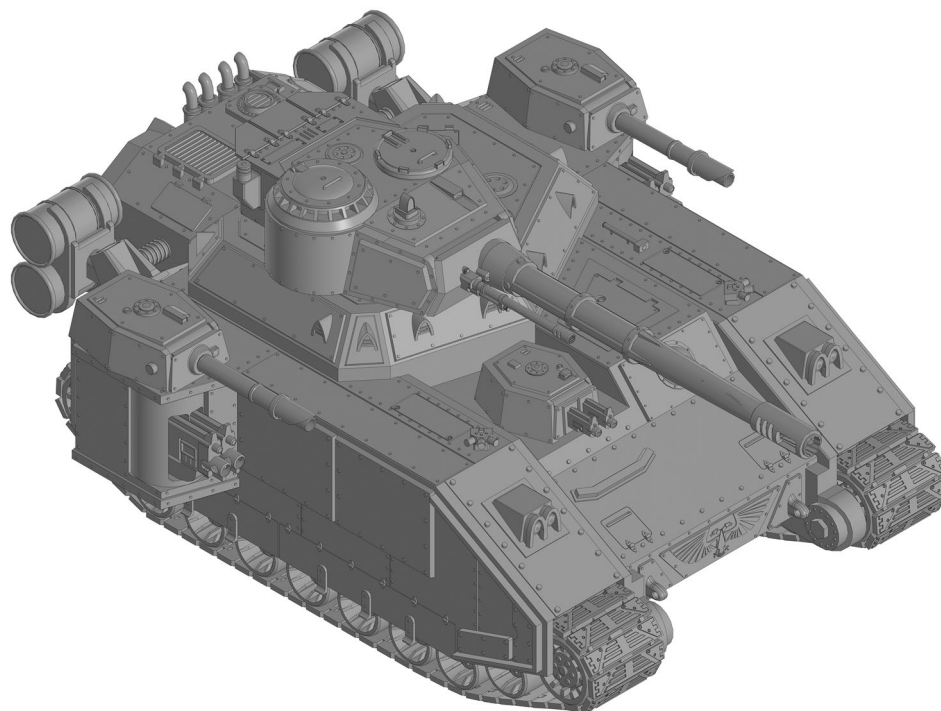


Рис. 2. Готовая модель танка «гибельный клинок» в изометрии

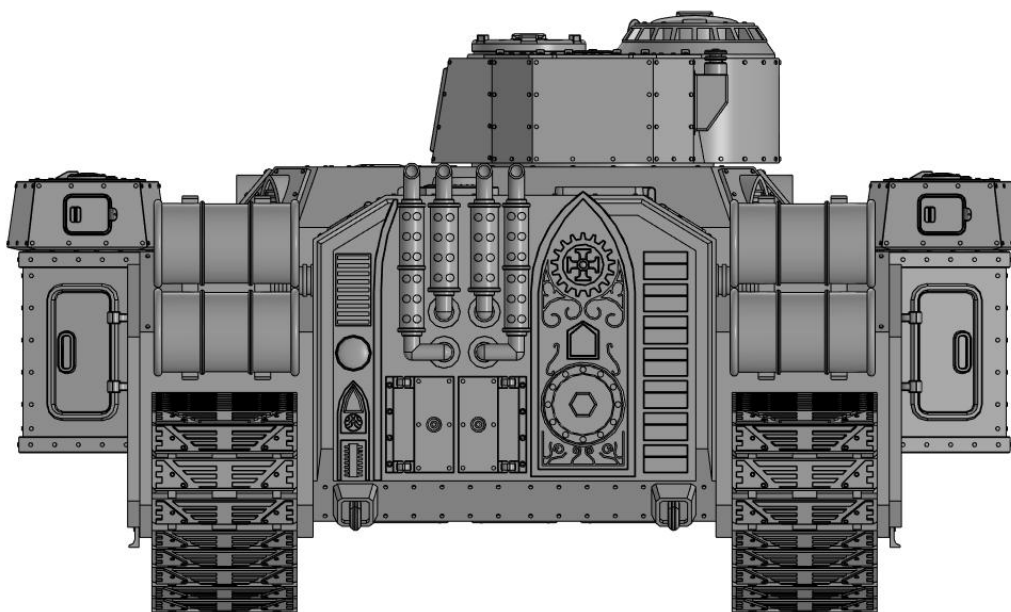


Рис. 3. Готовая модель танка «гибельный клинок», вид сзади

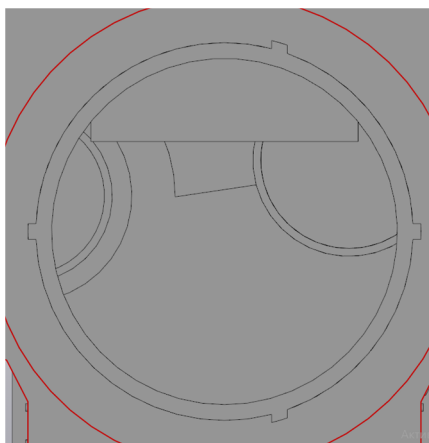


Рис. 4. Основа для крепления башни

Второй моделью является не менее культовый танк Леман Русс. Экстерьер данного танка был сделан ранее и описан в статье [2], однако в определенный момент некоторые решения в модели и детализации перестали удовлетворять автора и было принято решение о переработке модели и добавлении интерьера. Методы создания экстерьера были отработаны в ходе работ по моделированию предыдущего танка, так что сложностей не представляли. С другой стороны, колоссальным затруднением стало создание интерьера. Сложность заключалась в отсутствии полноценных и исчерпывающих изображений и схем внутреннего пространства танка, а существующая в сети схема имеет множество логических и технических ошибок, ярким примером такой ошибки является отсутствие лафета, орудия главного калибра или не соответствие диаметра снаряда и ствола орудия. Процесс наполнения танка интерьером требует значительных временных затрат, результата общего наполнения представлен на рисунке 5, а некоторые детали вблизи отображены на рисунке 6(а,б).

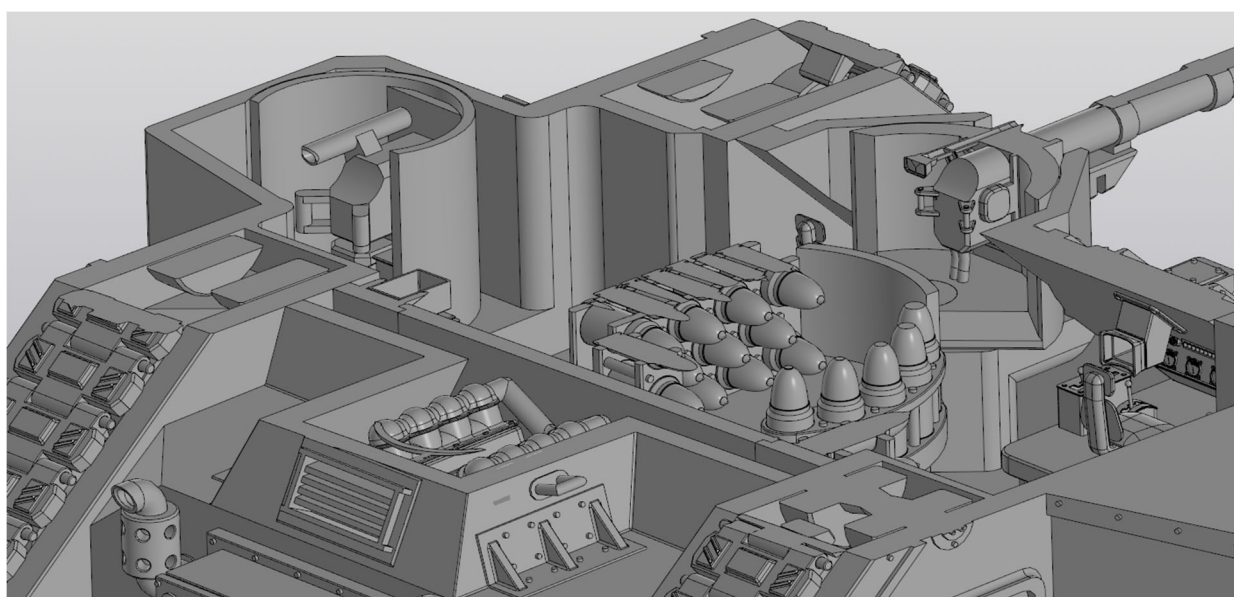


Рис. 5. Общий вид интерьера танка

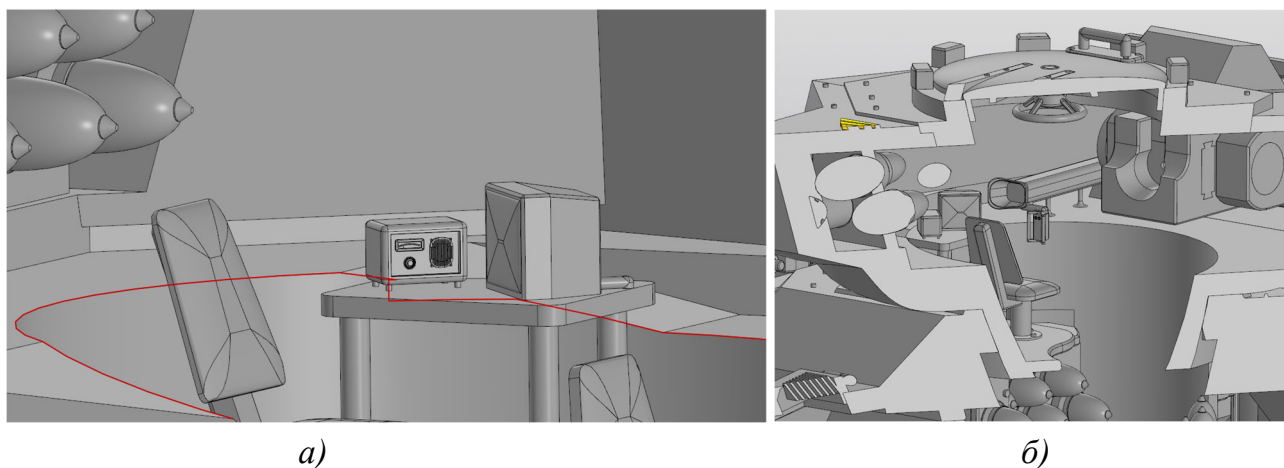


Рис. 6. Демонстрация интерьера танка:
 а) место командира танка, б) сечение башни

Таким образом задачами работы являлись:

- 1) создание сборной, детализированной модели сверхтяжелого танка Vaneblade;
- 2) капитальная переработка с добавлением логически оправданного интерьера и повышения функционала сборки-разборки танка Леман Русс.

Итоги проведенной работы: была создана модель сверхтяжелого танка, состоящего из 24 деталей и требующего для загрузки на компьютере автора не менее 30 минут; была проведена капитальная работа по переработке танка Леман Русс, танк заполнен предметами интерьера и переделан ряд элементов экстерьера, размер некоторых объектов декора не превышает 0,01 мм (при длине 162, ширине 138,8, высоте 87 мм). Обе модели высоко оценены одним печатником моделей и были переданы в его безвозмездное пользование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Е.А. Новиков, М.П. Егоренко 3D-моделирование фотоаппарата «Зенит» / Е.А. Новиков, М.П. Егоренко [Текст] // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ XIX Международный научный конгресс Т. 7. — Новосибирск:Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997, 2023. — С. 97-104.
2. А.А. Урсулов, М.П. Егоренко Возможности 3D моделирования изделий различного применения в САПР «Компас-3D» / А.А. Урсулов, М.П. Егоренко [Текст] // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ XIX Международный научный конгресс Т. 7. — Новосибирск:Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997, 2023. — С. 116-12.
3. Гай Хейли Гибельный клинок [Текст] / Гай Хейли — 1. — Nottingham: Black Library, 2013 — 77 с.
4. GraySkull ТАНК ЛЕМАН РУСС (схема в разрезе) / GraySkull. – Текст: электронный // wh.reactor : [сайт]. – URL: <https://wh.reactor.cc/post/3930493> (дата обращения: 06.06.2023).

© А. А. Урсулов, 2024

В. В. Чепенко*Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

Точные замеры объемов сыпучих материалов – неотъемлемая часть работы горнорудных комбинатов, шахт, нефтеперерабатывающих заводов, химических производств, различных транспортных компаний и предприятий агропромышленного комплекса. Это вызвано тем, что сыпучие материалы сложно поддаются точному учету.

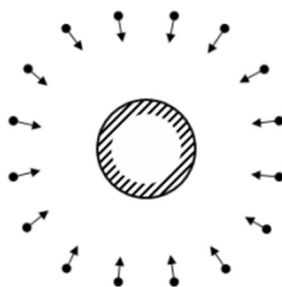
При этом сыпучее сырье составляет значительную часть расходов предприятий, и для эффективного его распределения необходимо контролировать объем.

Необходимая точность определения объемов в большей степени зависит от стоимости единицы объема материала и может варьироваться от единиц до долей процентов от общего объема материалов. Чем дороже материал, тем с большей точностью требуется вычислять его количество. Высокие требования к точному подсчету земляных работ предъявляют в настоящее время и строители. Объем перемещенного грунта на больших строительных площадках измеряется миллионами кубометров, и погрешность в их определении может стоить значительных финансовых расходов [1].

При фотограмметрическом методе используют беспилотные летательные аппараты или выполняют наземную съемку. Выполняется съемка сыпучего материала, так что снимки покрывали всю область склада и в программном обеспечении создают с помощью плотной модели точек модель объекта съемки. Используют опорные точки, чтобы перейти в геодезическую систему координат и оценить точность измерений. По ЦММ вычисляется объем сыпучего материала.

Первым шагом в работе будет выполнение съемки модели в виде насыпи речного песка с размером частиц от 0,5 до 5 мм.

На рисунке 1 показана схема съемки объекта, а рисунок 2 демонстрирует объект съемки.

Изолированный объект (Правильно)**Рис. 1. Схема съемки объекта**

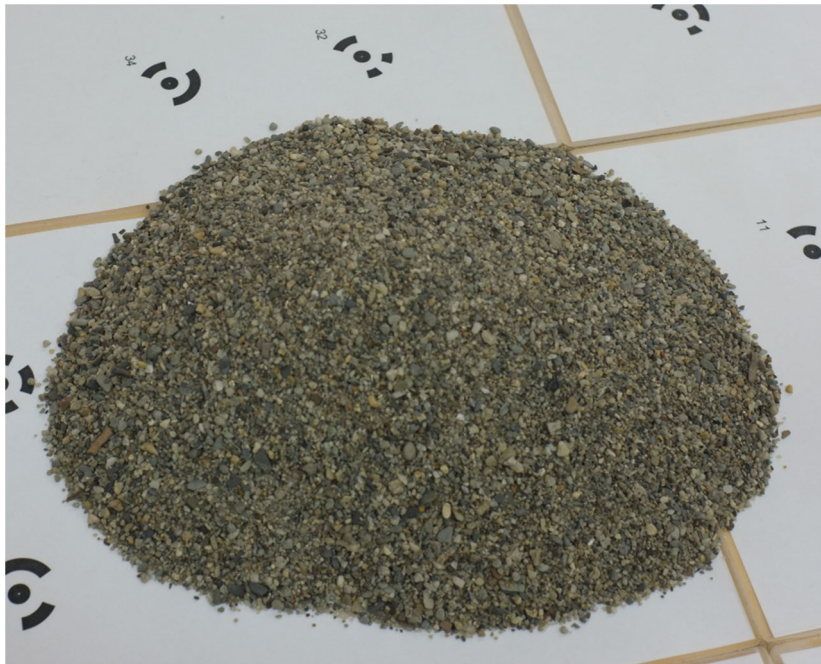


Рис. 2. Объект съемки

Далее выполняется загрузка материала съемки в программное обеспечение Agisoft Metashape и выполняется взаимное ориентирование снимков. На рисунке 3 показана схема расположения мест фотографирования относительно объекта.

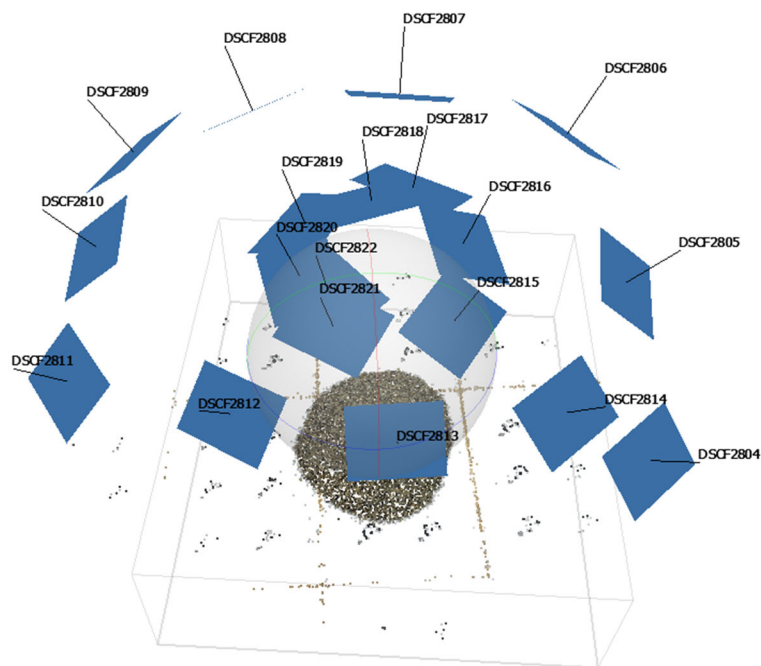


Рис. 3. Взаимное положение снимков

Для перехода к внешней системе координат была использована система маркировок. С помощью нее можно выполнить контроль точности и вычислить объем модели. Таблица 1 содержит значения ошибок.

Таблица 1

Оценка точности внешнего ориентирования модели

Назначение точек	Средняя ошибка XY, м	Средняя ошибка Z, м
Опорные	0.002208	0.000649
Контрольные	0.001938	0.000472

После оценки качества уравнивания снимков необходимо построить плотное облако точек, которое необходимо для построения цифровой модели местности. На рисунке 4 показана построенная модель.

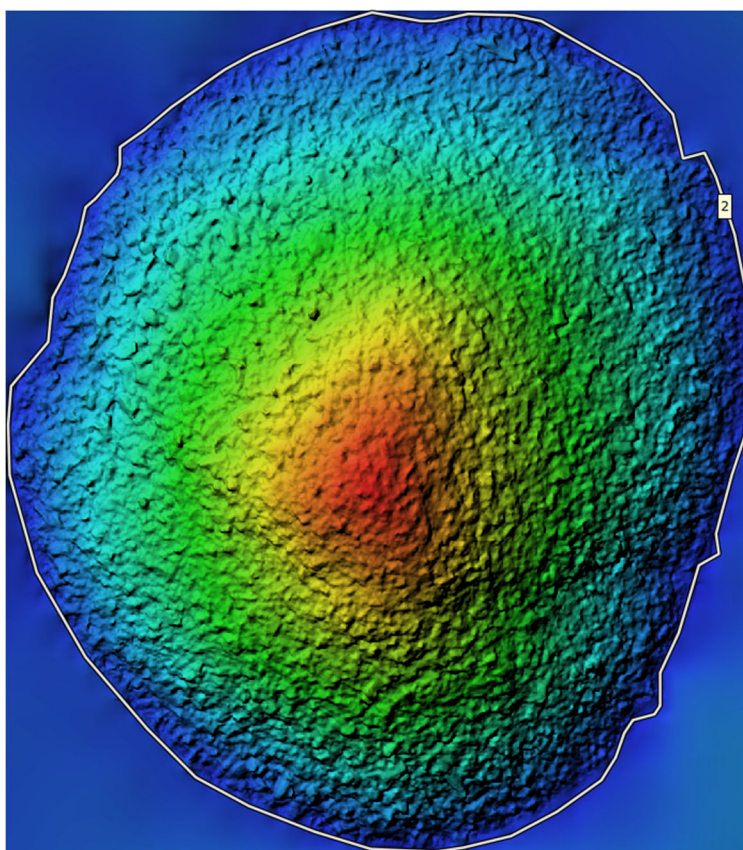


Рис. 4. Построенная матрица высот

Ограничив модель полигоном, необходимо измерить ее объем. Таблица 2 содержит полученные расчеты.

Расчет объемов по матрице высот

Тип поверхности	Объем, см ³
Аппроксимирующая плоскость	896
Средний уровень	893

На рисунке 5 представлен отчет измерений.

Название	Периметр (м)	Площадь (м ²)	Объем (м ³)			Базовый уровень (м)
			Выше	Ниже	Итого	
2	0.789134	0.046328	0.000894	6.95419e-07	0.000893	0.000210
Итого	0.789134	0.046328	0.000894	6.95419e-07	0.000893	

Измерения

Базовая плоскость для расчёта объема: средний уровень

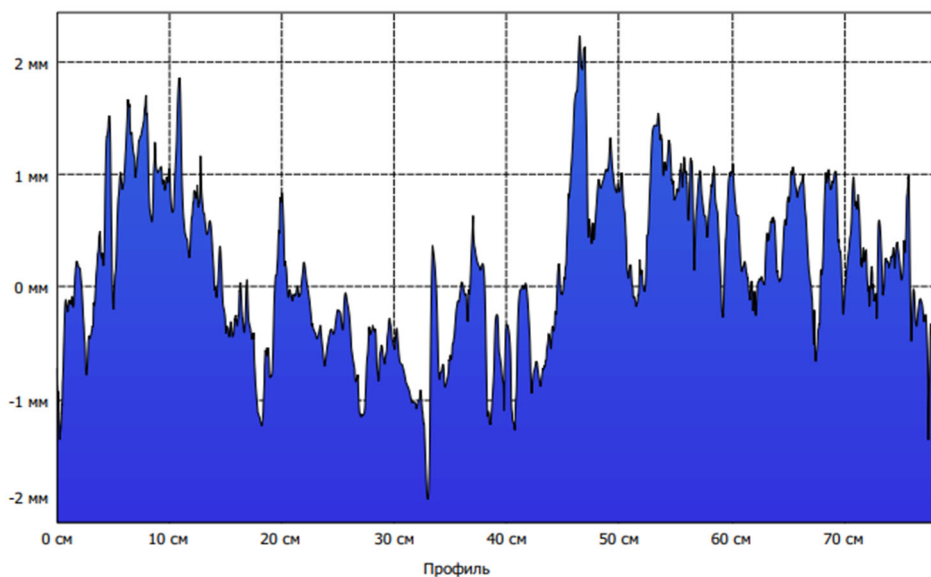


Рис. 5. Отчет об измерении объема в Agisoft Metashape

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбаков, А. Г. Методы измерения объема сыпучих материалов / А. Г. Фадеев, Е. В. Лукьянова, И. С. Бурмистрова, Ю. Ф. Муратова, М. В. Федорова – Магнитогорск: ЗАО «КонсОМ СКС». – Текст: электронный.

СОДЕРЖАНИЕ

А. М. Бахтиярова, Е. Д. Моисеева. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДРОНА С ТЕПЛОВИЗИОННОЙ КАМЕРОЙ.....	4
В. К. Вараксин. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ SURFER	8
Н. С. Головачев. РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ 3D-МОДЕЛИ СГУГИТ.....	14
Е. Д. Каленская. СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ	19
А. И. Мишенин, А. А. Урсулов. ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ ИНВАРИАТИВНОМУ МОДУЛЮ «КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА. ЧЕРЧЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА И ПЕРЕХОДА К НОВОЙ ЕДИНОЙ ФЕДЕРАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ «ТЕХНОЛОГИЯ».....	23
К. А. Набережных, Б. В. Юдин. УВЕЛИЧЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА	28
А. В. Николаева. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ UNREAL ENGINE ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ ПАРКОВЫХ ЗОН	32
Д. А. Отрощенко. РАЗРАБОТКА СЕМЕЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ВНЕШНИХ СЕТЕЙ BIM-МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ	36
В. В. Путилова. РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ МИЦ (МОЛОДЕЖНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР) ДЛЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ СГУГИТ	39
М. И. Рубанова. ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ ПАРКИНГА НА 300 МАШИНО-МЕСТ В Г. ТОМСКЕ).....	42
А. С. Сидорова. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МАКЕТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	46
Е. П. Соколов, Т. А. Найгайзер. МОДЕЛИРОВАНИЕ САМОЗАРЯДНОГО ПИСТОЛЕТА M1911	50

Р. Е. Соколов. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ КАЛИМБЫ	53
И. В. Тетервова, Б. В. Юдин. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БОЕПРИПАСА	56
А. А. Урсулов. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТАНКОВ ПО ВСЕЛЕННОЙ КНИГ И НАСТОЛЬНЫХ ИГР WARHAMMER 40000	60
В. В. Чепенко. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИА- ЛОВ МЕТОДОМ СТЕРЕО-ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	64

Научное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Молодежная научно-практическая
конференция**

7 декабря 2023 года

Сборник научных докладов

Ответственный за выпуск *Т. Ю. Бугакова*

Компьютерная верстка *Ю. С. Мерзликиной*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 12.03.2024. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 4,06. Тираж 25. Заказ 29.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.