

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**

3 марта 2021 года

Сборник научных докладов

Новосибирск
СГУГиТ
2021

УДК 528.952:001.89

И62

И62 Инженерная графика и трехмерное моделирование. Молодежная научно-практическая конференция [Текст] : сб. научных докладов (3 марта 2021 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 95 с.
ISBN 978-5-907320-75-8

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 978-5-907320-75-8

© СГУГиТ, 2021

ОРГАНИЗАТОР:

Сибирский государственный университет
геосистем и технологий

КООРДИНАТОР:

Руководитель научно-исследовательской деятельности студентов СГУГиТ
Татьяна Юрьевна Бугакова

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

И. Э. Аленин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ФАСАДНЫМ СИСТЕМАМ НА ПРИМЕРЕ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА «БЕРЛИН»

Информационное моделирование зданий (Building Information Model, BIM) представляет собой некоторую единую базу данных об этом здании, управляемую с помощью соответствующих компьютерных программ [1].

Еще 40–50 лет назад процесс проектирования казался неким рутинным трудом, представляющим собой ручное или компьютеризированное черчение в плоскости. Не трудно догадаться, что такая организация труда приводила к серьезным последствиям в силу огромного влияния человеческого фактора. И это было не только на чертежах, но и в спецификациях, формирующих стоимость строительства. Данные спецификации формировались вручную и мало поддавались автоматизации.

BIM – это совершенно иной подход к созданию проекта. Прежде всего он заключается в использовании единой информационной среды проектируемого здания. Планы, фасады, разрезы с такой модели получаются и изменяются в автоматическом режиме. Подсчет элементов тоже происходит без участия человека. Например, при удалении или добавлении окна с одного из фасадов здания изменения тут же отражаются на других видах и в спецификациях. Единая модель позволяет осуществлять совместную работу нескольким проектировщикам на одной модели одновременно, не зависимо от их места нахождения, что позволяет не привязываться к определенному месту работы и при этом итогом будет проект, выполненный без каких-либо нестыковок и коллизий.

Строящийся многоквартирный жилой дом «Берлин» (рис. 1) находится в городе Новосибирске на улице Красный проспект, д. 104, напротив торгово-развлекательного комплекса «Ройял Парк» [2]. Размер дома в осях 66х52,3 м, высота – 54 м. Возведением и проектированием фасадных конструкций здания занимается компания «Сибирские Фасады», которая и применяет BIM-технологии. Автор статьи является сотрудником данной компании.

Особенностью применения BIM-технологий относительно фасадных систем является детализированное объемное моделирование с геодезической привязкой. Геодезической основой служила обработанная в программе AutoCAD тахеометрическая съемка (рис. 3) возведенного монолитного железобетонного каркаса здания (рис. 2). Данная съемка была импортирована в информационную модель здания, где уже происходило сравнение отклонений от проектного положения. Максимальное отклонение от проектного положения составило 70 мм.

Моделирование с использованием BIM-технологий производилось в программной среде Autodesk Revit 2019. В данной среде была организована совместная работа через Revit Server. Проект состоял из 7-ми взаимосвязанных отдельных файлов. Каждый файл представляет собой ту или иную фасадную конструкцию.



Рис. 1. Состояние строящегося объекта на октябрь 2020 года



Рис. 2. Возведенный годами ранее монолитный железобетонный каркас

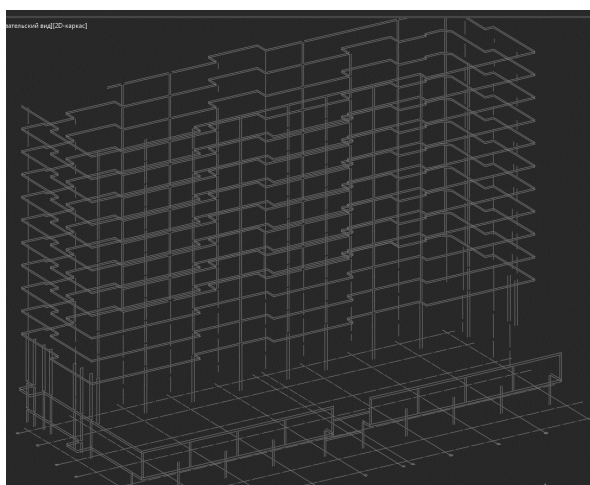


Рис. 3. Результат обработки тахеометрической съемки
в программе AutoCAD

Фасадные конструкции можно условно разделить на 2 вида. К первому виду (прозрачная часть здания) относятся светопрозрачные витражные и оконные конструкции, ко второму (непрозрачная часть здания) – навесные фасадные системы (НФС). На данном объекте в качестве НФС используются алюмокомпозитные панели (АКП) и керамогранитные плиты на подсистеме компании HILTI. Моделирование каркаса здания и фасадных конструкций из АКП, керамогранитных плит и светопрозрачных конструкций проводилось автором статьи (рис. 4 и 5). Моделированием подсистемы занимались сотрудники компании HILTI из города Самары путем подключения к Revit Server. Результатом применения BIM-технологий стали высоко детализированная трехмерная информационная модель, чертежи и спецификации (рис. 6), полученные с информационной модели, которые затем были использованы для создания монтажных схем (рис. 7) и формирования документов для заказа материалов.



Рис. 4. Модель здания после внесения изменений в Autodesk Revit

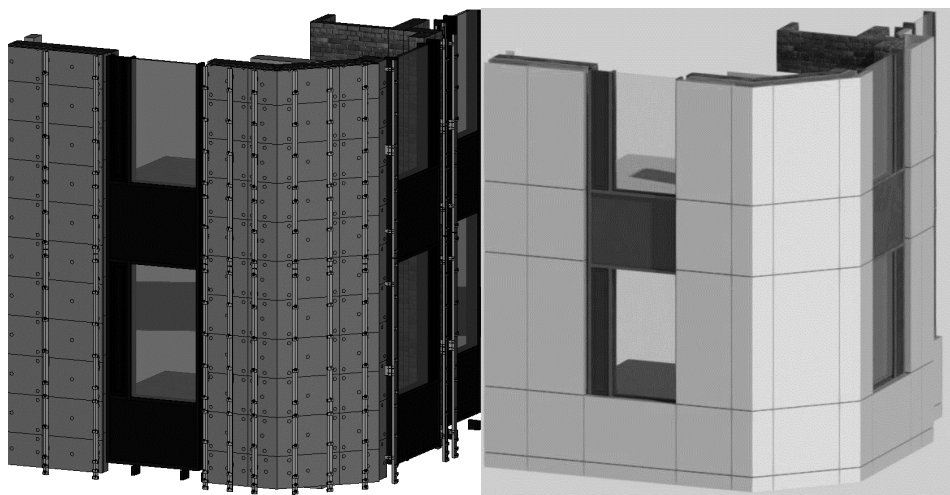


Рис. 5. Фрагмент фасадных конструкций из АКП (слева – утеплитель и подсистема HILTI, справа - АКП)

Спецификация сводная					
Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Ед. изм	Примечание
	423911	Анкер HRD-HF 10x100	615	шт	
	2190956	Вытяжная закатка 4,8x12 A2/A2	2916	шт	
	2096948	Икля MFT-CCU	1657	шт	
	2096951	Кляммер MFT-CCF	1315	шт	
	2096923	Кронштейн MFT-MF 240 L	90	шт	
	2166148	Кронштейн MFT-MF 240 LM	11	шт	
	2096943	Кронштейн MFT-MF 240 S	191	шт	
	2096924	Кронштейн MFT-MF 270 L	42	шт	
	2096944	Кронштейн MFT-MF 270 S	42	шт	
	2074336	Соединитель профилей MFT-RPC	33	шт	
	2096768	Термомаст MFT-ISO 40x55x5 S	233	шт	
	2166151	Термомаст MFT-ISO 40x125x5 LM	11	шт	
	2096766	Термомаст MFT-ISO 40x150x5 L	156	шт	
	2074413	Термомаст MFT-RBI L	24	шт	
	2074421	Тяжёлый усиленный кронштейн MFT-HAB 220	12	шт	
	2096945	Удлинитель MFT-DF L	90	шт	
	2166150	Удлинитель MFT-DF LM	11	шт	
	2096946	Удлинитель MFT-DF M	48	шт	
	2096947	Удлинитель MFT-DF S	191	шт	
	2074393	Усиленный кронштейн MFT-RB 220 L	24	шт	
	2074416	Шайба MFT-BFW 30x40x3	96	шт	
	2125146	Профиль MFT-L 60x38x1,8 6м	12	м.п.	
	2096972	Профиль MFT-ST 50x50x2 6м	16,8	м.п.	
	2125140	Профиль MFT-T 60x82x1,8 6м	380,52	м.п.	
	2089510	Усиленный профиль MFT-RP 75x50x2,0 6м	103,2	м.п.	

Рис. 6. Фрагмент спецификации подсистемы HILTI

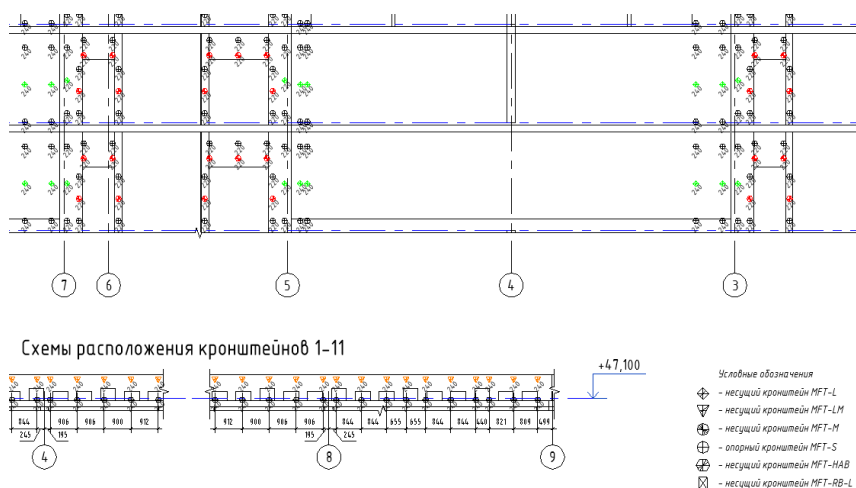


Рис. 7. Фрагмент схемы расположения кронштейнов HILTI

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология BIM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/5732>.
2. Официальный сайт многоквартирного жилого дома «Берлин» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://berlinsk.ru/>.

© И. Э. Аленин, 2021

А. В. Антонюк

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЛОГО ДОМА В REVIT. АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно терминологии Градостроительного кодекса *информационная модель объекта капитального строительства* – это совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства» [1]. Иными словами, информационная модель (Building Information Modeling) – это такая база данных, в которой на протяжении всего жизненного цикла здания или сооружения будет храниться вся информация об объекте. Подобную модель можно получить при работе с адаптированными под BIM-моделирование программным обеспечением.

Одной из востребованных на рынке BIM-программ является Autodesk Revit – программный продукт, объединяющий в рамках единого комплексного решения возможности архитектурного проектирования, проектирования инженерии, технологических ритмов строительства и строительных конструкций.

Для изучения возможностей программы был выбран жилой односекционный дом прямоугольной формы. Размеры здания в плане: 38,43 x 23,72 м.

В жилом доме предусмотрено четыре этажа высотой 3 м. Первый этаж предполагает свободную планировку. Также в здании имеется цокольный этаж высотой 2 м.

В здании предусмотрены семь входов: шесть на главном фасаде и один – на боковом. Площадки на входах имеют навесы и запроектированы в соответствии с требованиями СП 59.13330.2016 [2].

Фасады здания показаны на рисунках 1-3.

Конструктивная схема жилого дома – бескаркасная в монолитном исполнении. Представляет собой систему, объединяющую наружные и внутренние стены и опирающиеся на них плиты перекрытий в единый несущий остов. Пространственная устойчивость обеспечивается сопряжением стен с фундаментами и перекрытиями, вертикальным ядром жесткости из монолитных стен лестнично–лифтовых узлов и вертикальными диафрагмами жесткости, связанными с монолитными плоскими междуэтажными перекрытиями.

При создании лестниц, дверей, окон и других элементов была использована библиотека семейств. В Revit семейства можно редактировать, создавать собственные, а также импортировать 3D-элементы, разработанные в Autodesk AutoCAD. На рис. 4–10 показаны созданные лестницы, двери, окна и балконные ограждения.

Окно ОК-1 (рис. 5) – размеры 1200×900 мм без импоста, подоконник выполнен из поливинилхлорида (ПВХ), рама из древесины темно-коричневого цвета.

Окно ОК-2 (рис. 6) – размеры 1800×1100 мм с импостом.

Наружные двойные двери Д-3 (рис. 7) согласно ГОСТ 475-2016 [4] имеют размеры 2100×1800 мм.

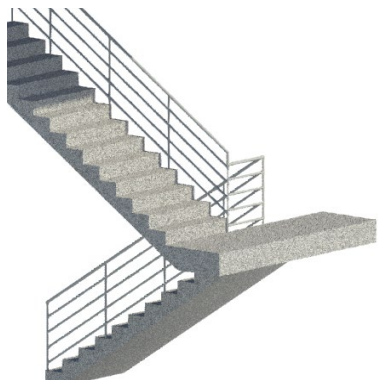


Рис. 4. Лестница типа Н1

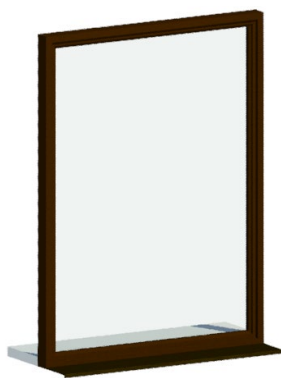


Рис. 5. Окно ОК-1

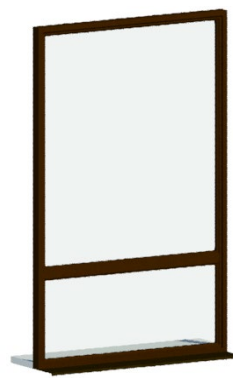


Рис. 6. Окно ОК-2



Рис. 7. Наружные двери Д-3

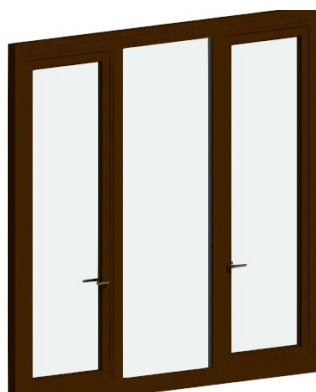


Рис. 8. Балконные двери Д-2

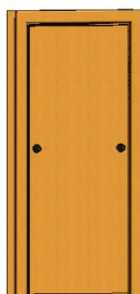


Рис. 9. Двери Д-5

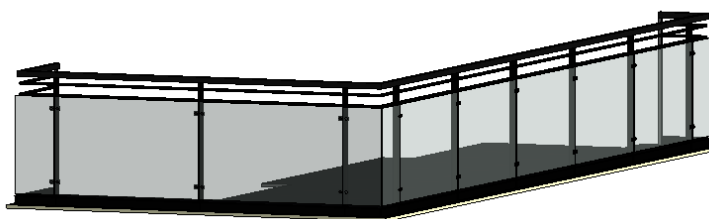


Рис. 10. Ограждение балкона

Балконные двери Д-2 (рис. 8) выполнены деревянными с тремя створками размерами 2500×2900 мм.

Металлические ограждения балконов (рис. 10) выполнены высотой 1200 мм с верхним прямоугольным поручнем 50×50 мм.

Посредством визуализации представлен пример обустройства одной из комнат (рис. 11)



Рис. 11. Комната

3D-модель здания представлена на рис. 12, 13



Рис. 12. Задний фасад



Рис. 13. Главный фасад

В целом, впечатление от программы Revit положительное. В ней можно точно визуализировать проект, увидеть его в пространстве и быстро скорректировать ошибки в архитектурно-конструктивном решении. Также в программе можно создать фотореалистичную визуализацию, стереопанорамы для переноса проекта в область виртуальной реальности.

Autodesk Revit очень мощное программное обеспечение, а самое главное, разработчики ведут тщательную работу над исправлением всех недочетов, которые были выявлены при работе с реальными объектами, и из года в год программа становится все лучше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2020). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/
2. СП 59.13330.2016 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456033921>
3. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 (с Изменениями N 1, 2, 3). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054198>
4. ГОСТ 475-2016 Блоки дверные деревянные и комбинированные. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200141707>

© А. В. Антонюк, 2021

ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В настоящее время развитие строительной отрасли идет по пути активного внедрения в ее сферу информационных технологий. Повышение конкурентоспособности строительных предприятий на рынке гражданского и промышленного строительства во многих странах мира связывают с внедрением ВІМ-технологий. Россия в данном вопросе не является исключением, несмотря на то, что процесс внедрения ВІМ в ней испытывает ряд трудностей.

Цель данного исследования заключается в том, чтобы рассмотреть ВІМ-моделирование в качестве технологии повышения конкурентоспособности строительной отрасли.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу: рассмотреть эффекты от внедрения ВІМ-технологий в строительную отрасль.

ВІМ – это подход к управлению жизненным циклом здания. Управление жизненным циклом здания подразумевает связанные между собой циклы, начиная от проектирования, оценки, логистики, строительства, заканчивая сносом здания.

ВІМ-технологии позволяют повысить конкурентоспособность компаний. Значительного скачка в росте производительности первое время наблюдаться не будет, наоборот, на период адаптации и внедрения ВІМ будет присутствовать некоторый спад производительности, но зато потом будет быстрыми рост производительности.

Оценка рисков стоимости и перехода на ВІМ представлена на рис. 1 [1].



Рис. 1. Оценка рисков стоимости и перехода на ВІМ

Подход к управлению жизненным циклом здания содержит три основных принципа [2]:

- совместное использование информации (участники информационного процесса совместно наполняют модель различными данными);
- «создаем один раз – используем многократно» (модель создается с помощью архитектора, конструктора, сметчика и на протяжении всего жизненного цикла может использоваться неоднократно);
- полный жизненный цикл.

ВМ-моделирование позволяет увидеть ошибки проектировщиков, что позволяет скорректировать проектное решение к условиям ведения работ, в условиях уже построенного (действующего) здания.

Соответственно, данная информация, позволяет нам быстро среагировать на какие-либо возможные отклонения требований проекта или связанные с изменениями сметной стоимости и другими условиями договора подряда. Чем более детализированная информация о проекте, тем больше детализируется стоимость.

Для тех помещений, где происходит условно быстрая смена арендаторов, конфигурация месторасположения рабочих мест, изменений каких либо локаций внутри офиса модель очень удобна, потому что она позволяет в очень короткие сроки смоделировать или спроектировать изменения. А если, это еще связано с одновременным пониманием того какие материалы и какова их стоимость будет использоваться за какой-то определенный срок времени, мы, получаем модель которая помогает нам снизить процент ошибок при проведении работ.

Внедрение использования ВМ-технологий повышает качество конечного продукта (проекта) для заказчика, поскольку присутствуют возможности для увеличения внимания и погружения в контрольные процедуры при отслеживании технологии выполнения строительных работ.

В качестве ВМ-модели приведем проект, созданный в программном комплексе Autodesk Revit, представленный на рис. 2.

Revit – программный комплекс реализующий принцип информационного моделирования, предназначенный для архитекторов, проектировщиков несущих конструкций и инженерных сетей.

Данная программа предоставляет возможность трехмерного моделирования элементов зданий и плоского черчения элементов в оформлении, создании пользовательских объектов организации совместной работы, над проектом начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей и спецификаций [4].

Эффект от внедрения ВМ-технологий осуществляется с помощью [5]:

- автоматизации и ускорения процессов. Создавая модель один раз, мы, получаем чертежи, спецификации, взаимодействие с расчетными комплексами, армирование и другое, с помощью автоматизации;
- встроенного соответствия требованиям системы проектной документации для строительства (СПДС);
- коллективной работы;

- свободы от экземплярных справочников;
- простого обмена данными через общие форматы;
- визуализации, VR.

Для того чтобы перейти на BIM-технологии необходимо уметь и знать:

- цель управления;
- совместную работу + среду общих данных (СОД);
- внедрение элементов управления. Задача управления заключается в получении проекта высокого качества.

Далее внедряются элементы управления:

- техническое задание (до создания модели, необходимо расписать, какая необходима степень детализации и что именно, отразить в данной модели);
- план выполнения проекта;
- ресурсы (участники, шаблоны);
- управление процессами (необходимо прописать деятельность работников участвующих в проекте);
- управление качеством (проверки);
- управление изменениями.

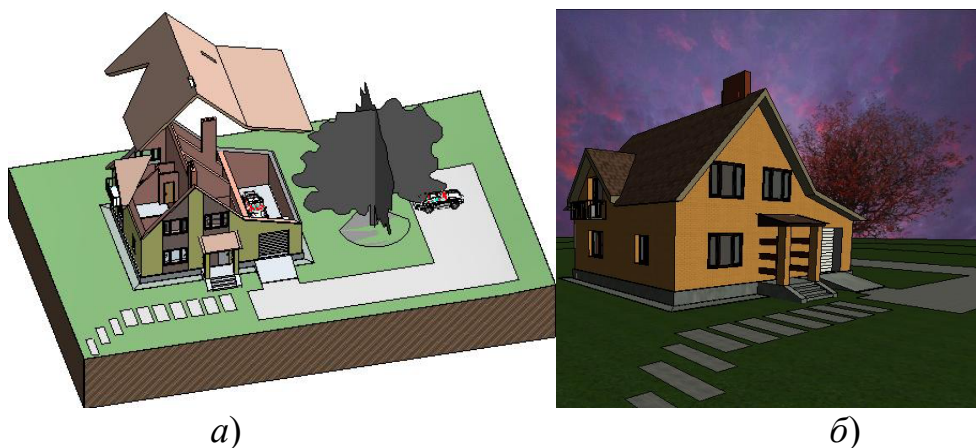


Рис. 2. BIM-модель здания:

а) реалистичный визуальный стиль; б) тоновый визуальный стиль

Таким образом, BIM-моделирование играет высокую роль в строительной сфере, так как она увеличивает скорость выполнения и качество проектов. Дополнительным преимуществом является быстрое обнаружение коллизий в проекте, что повышает конкурентоспособность организаций в строительной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буравлева А.Ф., Клипина Н.А., Крутилова М.О. Внедрение BIM-технологий в процесс проектирования и строительства объектов недвижимости // Вестник научных конференций. – 2016. – № 10-3(14). – С. 36–39.

2. Волков А.А. Информационные системы и технологии в строительстве. / учебное пособие. - М.: Московский государственный строительный университет, 2015. – 424 с.
3. Отчет по исследованию «Уровень применения BIM в России 2019» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://concurator.ru/information/bim_report_2019/
4. AUTODESK® REVIT Building 8.0: Методическое пособие. – AutoDesk, 2005.
5. Преимущества BIM в одной инфографике. Минстрой России) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/press/preimushchestva-bim-v-odnoy-infografike/>.

© А. Р. Байорис, М. А. Малиновский, А. В. Ершов, 2021

А. Р. Байорис, А. В. Ершов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ВІМ-ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСНОВА КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ГОРОД»

Современный город является сложной системой, состоящей из взаимосвязанных элементов, управление которой невозможно представить без современных технологий. В настоящее время модернизация областей муниципального управления и градостроительного планирования идет по пути активного внедрения в их сферы информационных технологий. Сегодня одной из наиболее стремительно развивающихся отраслей информационных технологий является информационное моделирование зданий (ВІМ), которое возможно применять не только в управлении строительством зданий и сооружений в частности, но и в управлении городскими территориями в целом.

Цель данного исследования заключается в том, чтобы рассмотреть ВІМ-моделирование в концепции «умный город».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу: рассмотреть эффекты от внедрения ВІМ-технологий в систему «умный город».

Необходимость внедрения системы «умный город» обуславливается тем, что города сталкиваются с множеством проблемами в связи с расширяющейся организацией и уплотнением городов, возникают проблемы связанные с дорожным движением, работы транспорта, организацией мусорных отходов и с иными элементами инфраструктуры города.

25 января 2019 года Госкорпорация Ростех, Росатом и Ростелеком подписали в Москве соглашение о создании Национального центра компетенций «Умный город» [1].

Концепция «умный город» должна включать все услуги, которые помогут сделать город лучше и удобнее для жизни и все удобства должны быть в первую очередь экологически безопасными [2].

Через приложение «умный город» возможно, выполнить следующие действия:

- если человек едет в автомобиле и ему необходимо проехать, к примеру, на стадион, система автоматически будет направлять к данному месту;
- если человек заметил, что на земле мусор, то он может через приложение «умный город» уведомить город и службы решат данную проблему;
- если человек стал свидетелем ДТП, к примеру, автомобиль сбил мотоциклиста, можно немедленно сообщить в службу спасения;
- иные действия.

Вся система интегрирована с охраной и пожарными и при сигнале автоматически приедут и помогут.

Одним из элементов развития «умного города» является — «умный дом». Рассмотрим направление развитие «умного дома».

Задача развития «умного дома» состоит в улучшении развития жилых комплексов, данное развитие происходит в связи с улучшением жилищных условий в доме или квартире.

Данное направление осуществляется следующим образом:

- необходимо построить единую информационную машину, затем интегрировать в нее для жителей все инженерные системы;
- разделить решение «умного жилого дома» на 3 сегмента (комфорт+, бизнес, премиум).

В базовом случае присутствуют IP видеонаблюдение, IP контроль доступа, протечка труб, учет ресурсов жилищно-коммунального хозяйства, мобильное приложение, контроль над деятельностью дома (открытие двери, включение и выключение света).

В следующей комплектации может присутствовать управление всеми системами дома с многофункциональных панелей и выключателей.

В данной комплектации добавляются розетки, выключатели, голосовое управление (Алиса, Google, Yandex, Siri); прибавляется CRM система регистрации жильцов, для управления сервисами; умные холлы с видео наблюдением и с динамическим вызовом лифта на самый загруженный этаж с регулированием освещения в зависимости от времени суток, появляются системы автоматизации инженерного оборудования

Для премиум сегментов можно сделать зарядные станции для электромобилей, более расширенную систему автоматизации пространств и внедрять как раз решение для инфраструктуры на примере умных скамеек, зарядок, умных киосков.

Жители получают мобильное приложение, которое интегрирует инженерные системы, с набором всех необходимых функций, такие как: просмотр камер видео наблюдений онлайн, прием показаний ЖКХ и оплата, постановка квартиры на охрану, работа с системой контроля доступа.

Схема осуществления взаимодействия между «умным домом» и мобильным приложением представлена на рис. 1.

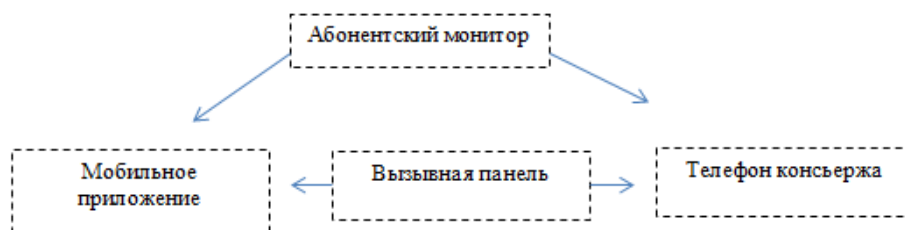


Рис. 1. Схема осуществления взаимодействия между «умным домом» и мобильным приложением

Беспроводной «умный дом» позволяет без изменения в проводки внедрить умные розетки и выключатели, которые встраиваются вместо стандартных электроустановочных изделий, также по радио интегрируются климатические системы и голосовые помощники.

Систему умный дом можно внедрить в случае, если недвижимость находится в стадии строительства.

Для реализации данной концепции можно воспользоваться программным комплексом Autodesk Revit.

Revit – программный комплекс реализующий принцип информационного моделирования, предназначенный для архитекторов, конструкторов, проектировщиков несущих конструкций и инженерных сетей [3].

Данная программа предоставляет возможность трехмерного моделирования элементов зданий и плоского черчения элементов в оформлении, создании пользовательских объектов (семейств), организации совместной работы, над проектом начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей, ведомостей материалов и других спецификаций [4].

ВМ – это подход к управлению жизненным циклом здания. Управление жизненным циклом здания подразумевает связанные между собой циклы, начиная от проектирования, оценки, логистики, строительства, заканчивая сносом здания.

В качестве ВМ-модели приведем проект, созданный в программном комплексе Autodesk Revit, представленный на рис. 2.



Рис. 2. ВМ-модель здания

В процессе создания ВМ-модели объекта одновременно задействовано большое количество специалистов различных областей и направлений: ВМ-менеджеры, архитекторы, инженеры, конструкторы, технологи, геодезисты и кадастровые инженеры, которые проектируют объект в одном информационном поле, позволяя свести к нулю возможные коллизии и не состыковки в проекте.

Необходимость применения ВМ-технологии в проектировании и строительстве подтверждается существующей стратегией информационного развития общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, в которой большое внимание уделяется внедрению ВМ-моделей в различные области, а также законодательной возможностью применения информационных моделей объектов недвижимости при подготовке технических планов объектов капитального строительства. Завершен-

ная модель объекта может включать в себя оформленную по 87 постановлению «стадию проект» [4], а также всю рабочую документацию, спецификации и сметы.

Так как данные являются основой BIM-модели, то любые изменения проекта автоматически отражаются во всех его представлениях, будь это планы этажей, разрезы или фасады. Это не только повышает скорость создания документации, но и снижает риск возникновения проектных ошибок, благодаря полной взаимосвязи и автоматической координации различных проекций здания.

Если говорить о том, куда вкладывать больше сил в будущем, то рекомендуем в энергетический сектор.

Устойчивое развитие это очень важный аспект, мы не можем продолжать жить, так как сейчас, иначе ресурсы планеты будут очень быстро истощены.

Город как способ производства и потребления энергии должен меняться в лучшую сторону.

Например, можно разработать умную экологичную концепцию, энергию из одного умного здания, например, с солнечной панелью можно использовать в другом здании, если там нет своей энергии, к примеру, чтобы подогреть бассейн.

Вторая область это умная мобильность, решение с пробками на дорогах.

Таким образом, из всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что, так как управление городским хозяйством складывается из управления зданий и сооружений, как его составных элементов, то направление BIM-моделирования сейчас становится неотъемлемой частью развития инфраструктуры, особенно в рамках проектов «умный город».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Умный город: развитие в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Умный_город:_развитие_в_России.

2. Проект цифровизации городского хозяйства «умный город» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/gorodskaya-sreda/proekt-tsifrovizatsii-gorodskogo-khozyaystva-umnoy-gorod/>.

3. Байорис А.Р., Малиновский М.А. «AUTODESK REVIT как эффективный инструмент создания информационной модели объекта недвижимости», ИНТЭРЭКСПО ГЕОСИБИРЬ, Сборник материалов в 8 т., Т 7, XVI Международная научно-техническая конференция студентов и молодых ученых, «МОЛОДЕЖЬ. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», г. Новосибирск СГУГиТ, 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/2020/sborniki/tom7-2/127-133.pdf>. – Загл. с экрана.

4. Байорис А.Р., Ершов А.В., Малиновский М.А. «BIM-моделирование как технология повышения конкурентоспособности строительной отрасли», IV национальная научно-практическая конференция «Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения», 17 – 19 ноября 2020 г., г. Новосибирск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nir.sgugit.ru/wp-content/uploads/2020/10/Bajoris.-Ershov-Malinovskij-BIM-MODELIROVANIE-KAK-TEHNOLOGIYA-POVYSHENIYA-KONKURENTNOSPOSOBNOSTI-STROITELNOJ-OTRASLI.pdf>. – Загл. с экрана.

© А. Р. Байорис, А. В. Ершов, 2021

Е. А. Водневская

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

РАЗРАБОТКА НАГЛЯДНОГО ЭЛЕКТРОННОГО МАКЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

Я являюсь студенткой первого курса Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС).

Данная статья посвящена проекту, который выполнялся мной в рамках вовлечения студентов младших курсов в проектную деятельность и в рамках работы по формированию электронного модульного депозитария по графическим дисциплинам в СГУПС [1, 2].

Целью исследования является разработка комплекта электронных наглядных пособий для кафедры «Графика» Сибирского государственного университета путей сообщения.

Актуальность исследования.

Задачи курса «Начертательная геометрия и компьютерная графика», как правило, вызывают огромные затруднения у студентов первого курса. В данном проекте мы попытались создать несколько электронных моделей, которые иллюстрировали бы решения наиболее сложных заданий, входящих в состав типовой расчетно-графической работы по дисциплине «Начертательная геометрия».

Задачи исследования:

- 1) Анализ структуры типовой РГР (расчетно-графической работы), выявление наиболее сложных для понимания заданий;
- 2) Проектирование характеристик модели, которыми она должна обладать для выполнения своей функции – помощь студенту, наглядное представление;
- 3) Выбор программного комплекса и подбор рационального способа моделирования.

В работе над проектом мы опирались на разработки преподавателей Сибирского государственного университета и их коллег из других вузов [2, 3].

Решение задачи.

В результате анализа содержания РГР выяснено: задание решается студентами исключительно средствами 2D-графики на плоском проекционном чертеже; наибольшие сложности у студентов, вызывают задачи, связанные с определением натуральной величины, построением перпендикуляра к плоскости, конструирование многогранников. Такие задачи встречаются как сами по себе, так и в составе более сложных комплексных задач.

Для подготовки наглядных пособий были выбраны несколько задач. Примеры отобранных для моделирования задач приведены на рис. 1

При выборе программного комплекса мы принимали во внимание особенности учебного плана по конкретной специальности.

Поскольку на специальностях «Эксплуатация железных дорог» и «Управление техническим состоянием железнодорожного пути» основным программным

комплексом является AutoCAD, то было принято решение выполнять моделирование в нем.

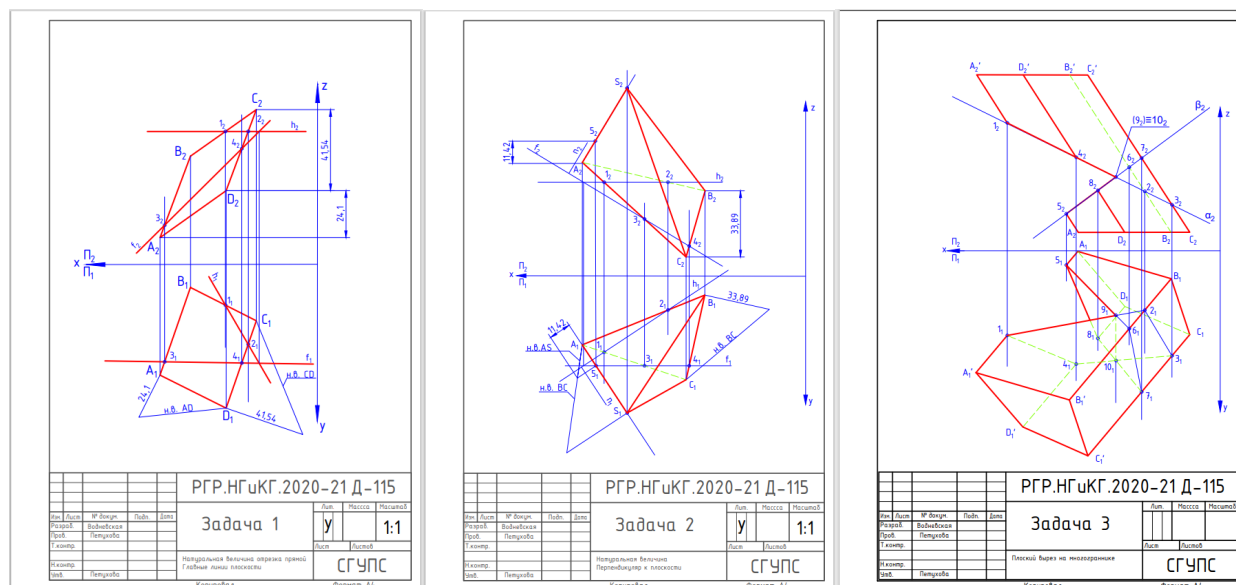


Рис. 1. Содержание РГР. 1 курс. Специальность СГУПС

При выборе методики моделирования принимали во внимание содержание задач, наглядность результата, возможность трансформации модели.

В процессе работы над проектом мы столкнулись с рядом сложностей:

- сложность управления системами координат в AutoCAD;
- необходимость отразить в модели большое количество линейных объектов, взаимодействующих друг с другом (плоскости проекций, линии и тела в пространстве, линии связи, служебные объекты);
- перегруженность модели большим количеством буквенных цифровых и других обозначений.

В результате нескольких итераций решения задачи, мы пришли к заключению, что наибольшей наглядностью обладает каркасная модель.

Результат моделирования представлен на рис. 2.

Для возможности применения созданной модели в учебном процессе в качестве наглядного пособия все этапы моделирования соответствовали этапам решения задачи при работе на проекционном чертеже и каждый этап был сохранен отдельным файлом.

Они представлены на рис. 3.

Первая иллюстративная модель на рис. 3 соответствует этапу 1 – «Получение задания на выполнение РГР, перенос исходных данных».

Вторая модель иллюстрирует процедуру построения перпендикуляра к плоскости на проекционном чертеже, включая такие служебные элементы как горизонталь и фронталь исходной плоскости.

Третья модель – это иллюстрация результата решения второй задачи РГР.

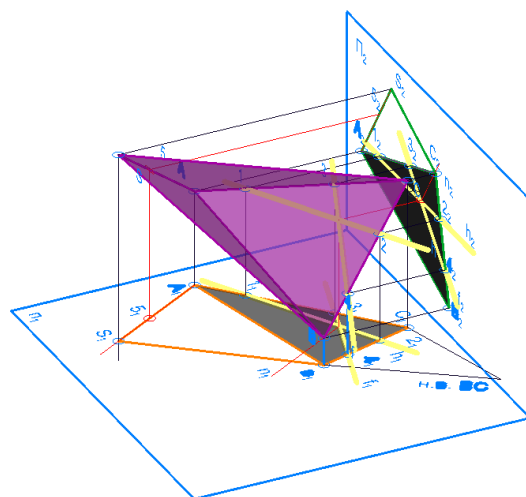


Рис. 2. Электронная наглядная модель

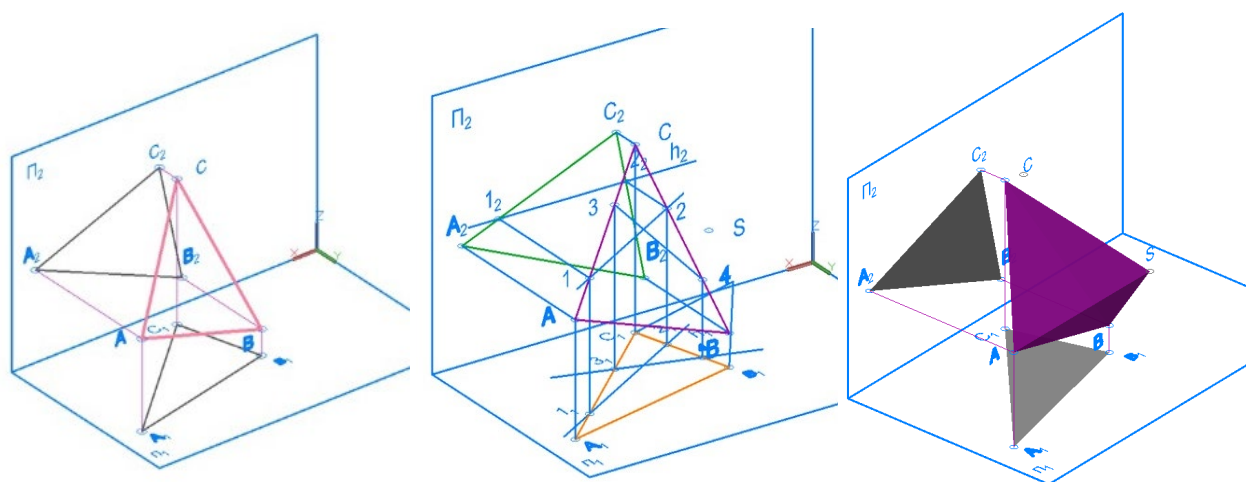


Рис. 3. Структура наглядного пособия

Все обозначения, использованные в учебном пособии, полностью соответствуют обозначениям, используемым преподавателями на занятиях по начертательной геометрии и компьютерной графике, а также тем обозначениям, что фигурируют в курсе лекций по дисциплине [5, 6]. Все обозначения размещены в трехмерном пространстве (рис. 4). Это делает модель удобной для использования во время занятий. Позволяет давать пояснения меняя угол обзора и точку зрения.

В результате работы над проектом подготовлен электронный наглядный макет, полностью соответствующий, содержанию курса. Задача решена, цель достигнута. Созданный макет может быть использован, как преподавателями, так и студентами при работе над заданиями по дисциплине «Начертательная геометрия и компьютерная графика».

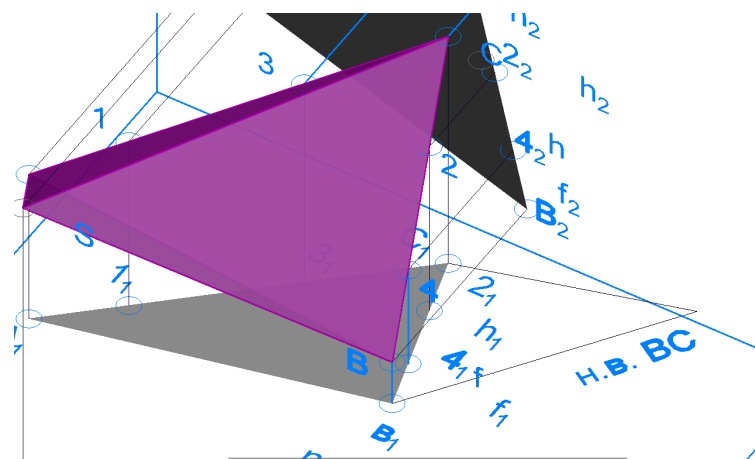


Рис. 4. Вспомогательные обозначения и текстовые элементы модели

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болбат О.Б., Петухова А.В. Опыт применения электронного учебно-методического комплекса по графическим дисциплинам // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2014. № 31. С. 215-225.
2. Болбат О.Б., Петухова А.В., Андрюшина Т.В. Электронное учебно-методическое сопровождение дисциплин // Образовательные технологии и общество. 2019. Т. 22. № 2. С. 78-84.
3. Сергеева И.А. Опыт создания и внедрение учебно-методического депозитария по начертательной геометрии и инженерной графике // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. 2013. Т. 1. № 1-1 (10). С. 206-214.
4. Петухова А.В., Холина Л.И. Создание профессионально ориентированной образовательной среды в техническом вузе (на примере инженерно-графической подготовки) (монография) / Сибирский государственный университет путей сообщения. Новосибирск, 2013.
5. Астахова Т.А. Использование информационных технологий в изучении дисциплин графического цикла // В сборнике: Актуальные проблемы современного образования: опыт и инновации. материалы научно-практической конференции (заочной) с международным участием. Ответственный редактор А.Ю. Нагорнова. 2014. С. 317-319.3.
6. Петухова А.В. Мультимедиа курс «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика»: опыт разработки и внедрения // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. 2013. Т. 1. № 1-1 (10). С. 51-63.

© Е. А. Водневская, 2021

В. Э. Гак, Д. С. Мельниченко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

СРАВНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D-ПОВЕРХНОСТЕЙ В КАРТОГРАФИИ

3D-моделирование, с точки зрения картографии, используется для пространственного анализа данных в различных сферах.

В качестве исходных данных для создания 3D-моделей местности (трехмерных карт) используются топографические планы и карты, данные аэрофотосъемки или съемки с БПЛА и лазерного сканирования, а также космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения [1].

В XXI веке существует высокий спрос на 3D модели местности, который обусловлен их активным использованием в геоинформационных системах.

К 3D-моделям относятся: цифровые модели местности, цифровые модели рельефа с объектами или без, описывающие высоты местности, а также отдельные трехмерные модели объектов [2].

Целью исследования является сравнение функционала и использования программного обеспечения для создания 3D поверхностей в картографии. Были проанализированы следующие программные продукты: 3ds Max, Mathcad, Civil 3D, Surfer, ArcGIS.

Программное обеспечение 3ds Max позволяет выполнять создание трехмерной цифровой карты участка земной поверхности, 3D-анимацию, визуализацию и моделирование. С помощью этой программы можно получить визуализацию горизонталей как в стандартном виде, так и в виде модели поверхности. На рис. 1, 2 представлены примеры оцифрованных горизонталей и модели поверхности.

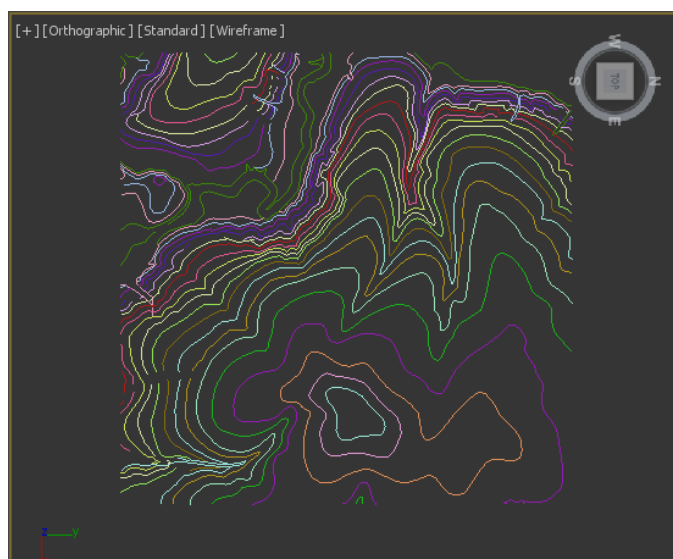


Рис. 1. Оцифрованные горизонталы в 3ds Max

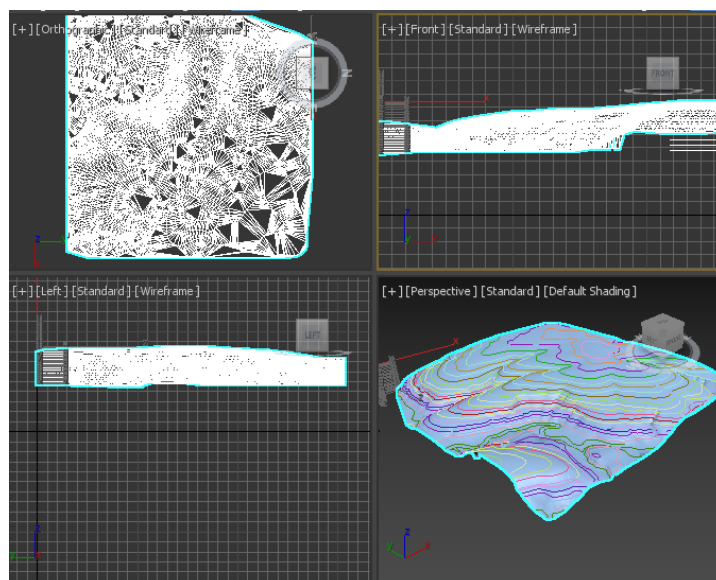


Рис. 2. Модель без послойной окраски в 3ds Max

Для настройки внешнего вида полученной поверхности можно задать окраску модели рельефа по высотам (послойную окраску). Пример поверхности представлен на рис. 3. Также есть возможность отключения горизонталей.

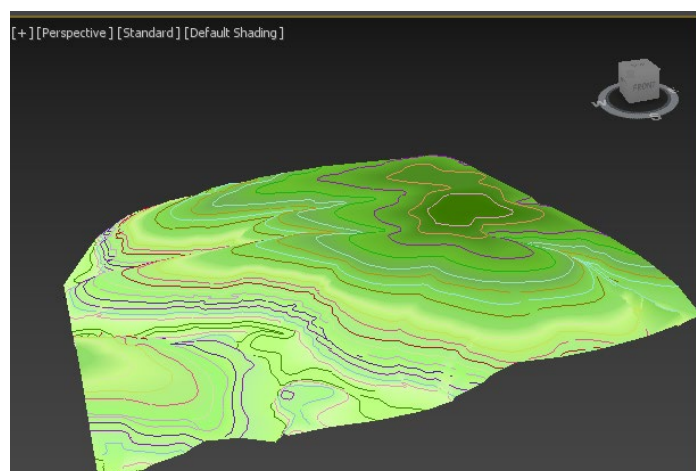


Рис. 3. Поверхность с послойной окраской рельефа с границами горизонталей в 3ds Max

Mathcad – инженерное математическое программное обеспечение. 3D поверхность строится с помощью матрицы координат и высот. Для задач исследования Mathcad использован для построения модели участка земной поверхности по заданным координатам X, Y, Z, являющимися углами координатной сетки. На растровом изображении (фрагменте карты) создается сетка 12x12 с условным началом координат (0;0) в левом нижнем углу. В каждом пересечении вертикальных и горизонтальных осей сетки путем

интерполяции вычислено значение высоты рельефа, затем с помощью матрицы высот и матрицы координат построена поверхность.

Можно сделать вывод, что в программе Mathcad можно получить только данные геометрии и высот, многие функции визуализации и пространственного анализа недоступны. Таким образом, данное программное обеспечение не подходит для 3D моделирования в области картографии.

Программа Civil 3D поддерживает технологии информационного моделирования зданий (BIM) и обладает встроенными функциями для черчения, проектирования и создания конструкторской документации. В проектной модели Civil 3D можно работать с данными ArcGIS, а также есть возможность обеспечения доступа к актуальной проектной информации для всех, кто работает над проектом.

Программное обеспечение используется для построения пространственных моделей на основе оцифрованных горизонталей и точек высот, что позволяет передать все неровности рельефа, а также есть возможность нанесения объектов гидрографии, растительности, населенных пунктов и дорожной сети. Пространственная модель строится автоматизированным методом с помощью инструмента Поверхность.

Для построения пространственной модели использовался заранее оцифрованный растр (топографическая карта) с координатной привязкой. Далее была внесена семантика горизонталей и точек высот рельефа местности. Таким образом была получена 3D модель рельефа.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что программное обеспечение Civil 3D подходит для визуализации, анализа рельефа местности и дальнейшего проектирования объектов, а также для прогнозирования некоторых ситуаций на участке, для которого строится модель. Пример построенной модели представлен на рис. 4.

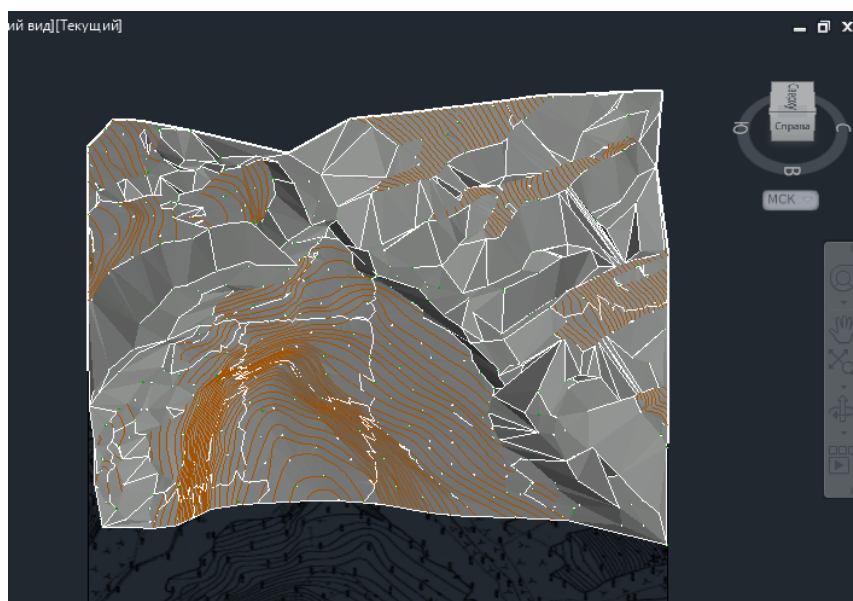


Рис. 4. 3D модель в Civil 3D

Surfer – это программное обеспечение трехмерного вычерчивания поверхности карт. С его помощью можно преобразовать данные в контур, поверхность, каркас, вектор, изображение, заштрихованную область.

Основной задачей данного продукта является расчет значений параметра в узлах регулярной сетки с помощью исходных данных произвольных точек. Принцип работы программного обеспечения схож с MathCad, так как в обоих случаях используется метод интерполяции для семантики объектов [3].

Для получения атрибутивных данных объектов картографируемого параметра создается сетка, в узлах которой будут заданы определенные характеристики. Также получить значения в узлах сетки можно путем вычисления значений функции, заданной пользователем в явном виде; программа имеет большой набор тригонометрических функций.

Параметры этой сетки могут задаваться как автоматически, так и вручную. Затем загружается растр, по которому оцифровываются точки высот, либо горизонтали с заполнением семантики объекта. Для отображения 3D поверхности используется инструмент 3D Surface.

Можно сделать вывод о том, что данная программа не имеет русификации, вследствие чего не пользуется большим спросом у специалистов.

В отличие от Surfer, ArcGIS широко распространен в профессиональной среде у картографов. В ArcGIS существует несколько модулей, и для 3D моделирования поверхности рельефа используется модуль 3D Analyst.

ArcGIS 3D Analyst – это набор инструментов для создания, визуализации и анализа геопространственных данных в 3D. Модуль имеет интерактивные инструменты 3D анализа, а также инструменты геообработки.

С помощью инструментов данного модуля можно просматривать ГИС-данные на 3D глобусе или планиметрическом 3D виде, решать задачи 3D анализа, строить и обрабатывать поверхности, анализировать их с помощью построения запросов, импортировать 3D-данные из нескольких источников, редактировать и обрабатывать 3D векторные данные, определять площадь поверхности и создавать профили, конвертировать 2D пространственные объекты в 3D объекты.

При помощи 3D Analyst возможно получение карт отмывки рельефа, изолиний. Можно применять прозрачность различных слоев данных, что обеспечит высокую наглядность карты.

Все инструменты геообработки ArcGIS 3D Analyst также доступны в ArcScene. ArcScene – это приложение 3D визуализации, которое позволяет просматривать геопространственные данные в трехмерном изображении.

В интерфейсе пользователя 3D Analyst имеются инструменты для проведения интерполяции методом обратно взвешенных расстояний, естественной окрестности, сплайна или кригинга. При помощи средств настройки доступен метод интерполяции тренд. У каждого из методов интерполяции есть определенные параметры, которые влияют на выполнение интерполяции.

С помощью модуля 3D Analyst можно построить несколько видов моделей, наиболее распространенными из которых являются модель вариограммы, дисперсия рассчитываемой поверхности и модель триангуляционных нерегулярных сетей (TIN) [4].

Для наглядности проведено сравнение функционала рассмотренного ПО; результаты представлены в таблице Критерии, на основе которых производился анализ: качество визуализации, координатная привязка, отмывка рельефа, построение профиля, наложение объектов в другие слои и облет территории.

Таблица

Название ПО	Качество визуализации	Координатная привязка	Отмывка рельефа	Построение профиля	Наложение объектов в другие слои	Облет территории
3ds Max	высокое	нет	есть	нет	есть	есть
Mathcad	низкое	нет	нет	нет	есть	есть
Civil 3D	среднее	есть	нет	есть	есть	есть
Surfer	среднее	есть	есть	есть	есть	есть
ArcGIS	высокое	есть	есть	есть	есть	есть

Таким образом, в ходе исследования были рассмотрены ПО для 3D моделирования: 3ds Max, Mathcad, Civil 3D, Surfer, ArcGIS. В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим и многофункциональным программным обеспечением для 3D моделирования в области картографии является ArcGIS.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А. М. Картографический словарь. – М.: Научный мир, 2005. – 424 с.
2. Хромых О. В. Цифровые модели рельефа / учебн. пособие. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 178 с.
3. Капралов Е. Г., Кошкарев А. В., Тикунов В. С. Геоинформатика / учебн. для вузов. – М.: Академия, 2005. – 480 с.
4. Бут Б. ArcGIS 3D Analyst: Руководство пользователя. М.: Дата+, 2002. – 243 с.

© В. Э. Гак, Д. С. Мельниченко, 2021

Н. С. Головачев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий(СГУГиТ)

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «ЧИСТАЯ СЛОБОДА» ДЛЯ ОТДЕЛА ПРОДАЖ ЗАСТРОЙЩИКА

В настоящее время некоторые застройщики при продвижении своих объектов недвижимости используют базовые сопроводительные рекламные материалы, такие как буклеты, листовки, 2D–планы помещений, а также различные, заранее заготовленные рендеры статичной 3D–сцены некоторых участков квартиры или жилого комплекса. Реже используют промо видео, имитирующее облет территории жилого комплекса (ЖК).

Многие строительные организации после ввода в эксплуатацию крупных жилых комплексов не оставляют жильцам никакой информации по территориальному устройству ЖК в доступной для восприятия форме. Все что остается – это «генплан», чаще всего хранящийся в управляющей компании, принимающей на баланс данный ЖК.

Существуют довольно крупные жилые комплексы, где строительство может продолжаться не один десяток лет. Территория данного объекта всегда будет подвержена изменению, добавлению новых объектов инфраструктуры.

Жилищный рынок всегда востребован, это должно стимулировать данную отрасль к постоянному развитию и борьбе за покупателя. Однако, у некоторых крупных застройщиков, у которых нет явных конкурентов и поэтому не требуется бороться за покупателя, можно наблюдать как замедляется развитие как в строительной, так и в рекламной области.

В большинстве случаев реклама объекта недвижимости предоставляет собой простое 2D–изображение жилого помещения с указанными площадными параметрами и предполагаемым вариантом расстановки мебели. На сайте также представлены фото отделки помещений, поскольку застройщик сдает свои квартиры с ремонтом. Не все люди могут воспринимать такие планы и фотографии, человеку сложно сориентироваться и многие, кто не может лично посетить объект, недополучают информацию.

В связи с этим разработка информационно-справочной трехмерной модели жилого комплекса «Чистая слобода», является актуальной, а практические результаты могут найти применение в отделе продаж застройщика.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить 3 основных этапа:

1. разработку трехмерных моделей жилых зданий и помещений;
2. разработку трехмерной модели территории ЖК и размещение на ней зданий;
3. разработку программной части для взаимодействия пользователей с моделью для получения дополнительной информации.

В рамках данной статьи рассмотрим первый этап работы.

Во-первых, необходимо определиться с количеством создаваемых моделей. Можно смоделировать каждый дом отдельно, однако дома в выбранном жилом комплексе типовые, в связи с этим разработка нескольких вариантов объектов может минимизировать временные затраты на процесс моделирования.

Жилой комплекс состоит из домов 3-х видов: панельные, кирпичные, монолитные с кирпичным заполнением.

Для панельных домов существуют различия в виде окраса, вида подъезда, ограждений балконов и внутренних планировок. Из-за политики застройщика, завода, изготавливающего панели и смежных организаций, в отношении распространения проектной информации, материалы для моделирования придется брать из открытых источников в сети интернет. Данные материалы будут не полными и не всегда точными, потому модели будут иметь отличия от реальных объектов, однако позволят передать основные визуальные параметры.

В качестве исходных данных использовались фото безразмерных поэтажных планов зданий, которые застройщик выдавал организациям [2], занимающимся реализацией его помещений, а также фотографии со строительными чертежами с точными проектными размерами (рис. 1).

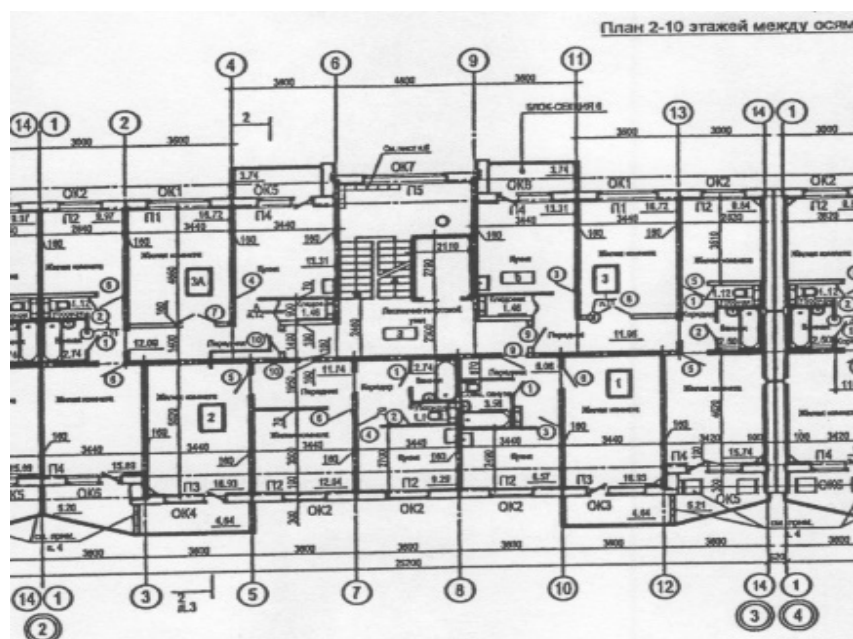


Рис. 1. Фрагмент поэтажного плана

Для обработки данных использовалась программа ArchiCAD. В качестве ее основных преимуществ можно выделить обширную библиотеку стандартных элементов, возможность группировки размещаемых объектов и присвоения им ID в процессе работы, что позже позволит редактировать объекты группами, а не по отдельности, а также не перегруженный и понятный интерфейс [3].

В ArchiCAD были воссозданы поэтажно, определенные ранее, основные элементы модели. При анализе данных было выведено следующее.

Требуется создание 4х типов планировок для панельных домов при 2х типах подъездов и при 3х видах остекления. Для кирпичных домов и монолитных с кирпичным заполнением потребуется всего по одному типу. Таким образом для общего плана достаточно всего 3-х типов планировок панельных домов из-за внешнего сходства 2х из них. По итогу были созданы 20 отличающихся моделей блоков жилых зданий, из которых впоследствии будут собираться дома жилого комплекса.

После создания такого «конструктора» можно приступать к сборке самих домов и подготовке территории под их расстановку. На данном этапе создана модель группы домов, показанная на рис. 2.

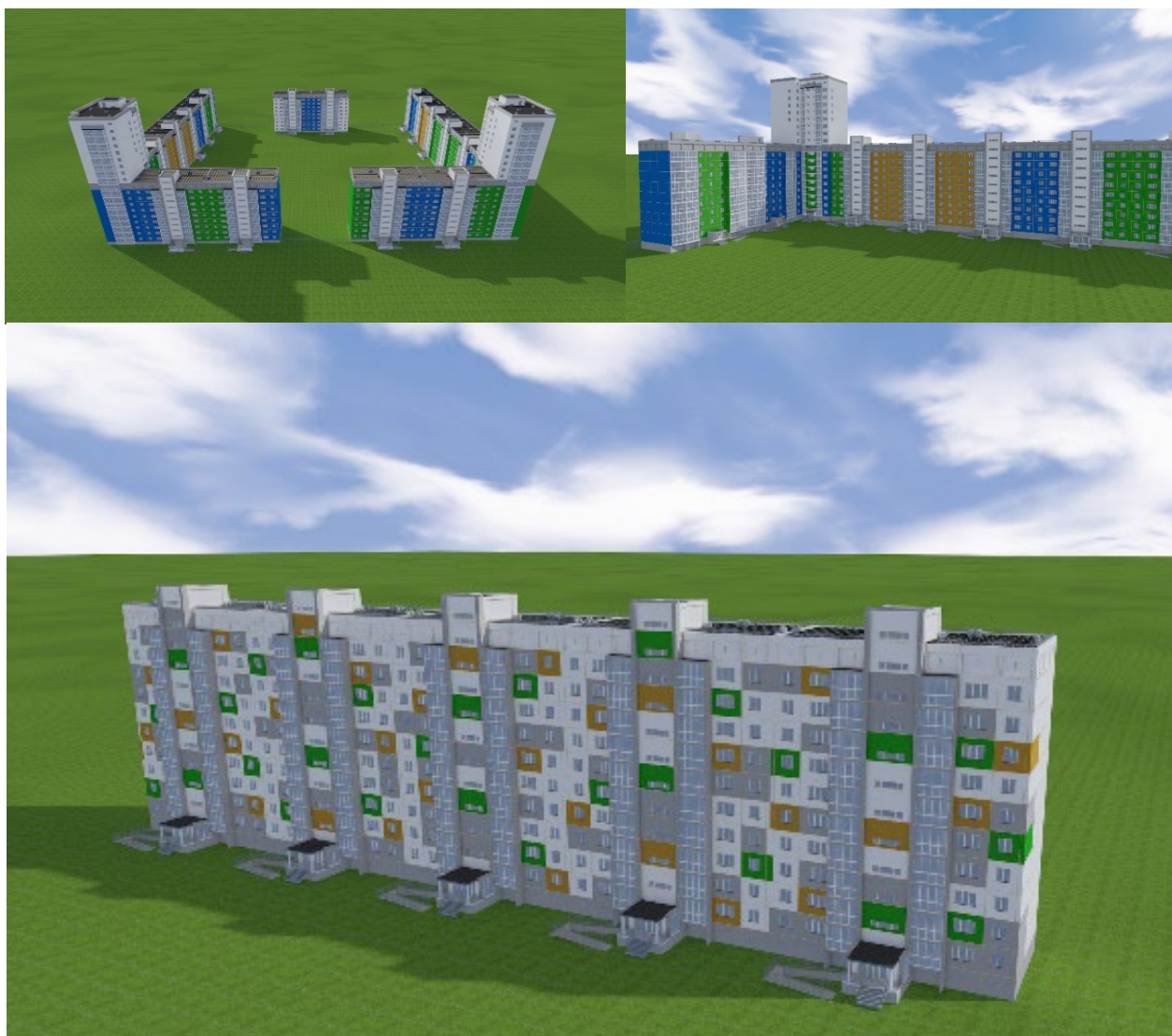


Рис. 2. Вид на группу домов ЖК без благоустройства

Во время работы были наложены на модель цвета, которые не полностью соответствуют реальным, но отображают основное различие. Финальная настройка внешнего вида моделей будет производиться в другом ПО – Unreal Engine. Данный движок необходим для создания нужной нам среды взаимодействия между пользователем и моделью.

Для работы с местностью в Unreal Engine создан план основных дорог и расположений зданий по спутниковым снимкам (рис. 3), запущен процесс покраски всех оставшихся зданий.

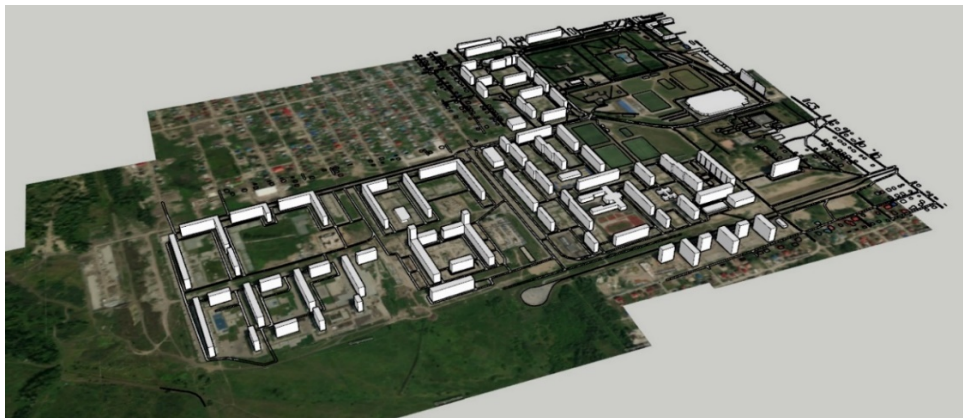


Рис. 3. Шаблон модели территории для дальнейшего наполнения

В дальнейшем здания будут размещаться на территории заменяя собой заранее подготовленные «шаблоны» для визуального ориентирования. После расстановки всех объектов интерактивная модель позволит пользователю прогуляться по территории и любой из квартир, а также получить справочную информацию по интересующим его объектам.

Помимо создания моделей экстерьера зданий была выполнена разработка моделей интерьеров квартир, чтобы в дальнейшем предоставить возможность пользователю совершить виртуальный тур не только по территории ЖК, но и по квартире. Всего существует 4 вида внутренних планировок с отличающимися ограждениями у балконов. Каждый такой вид этажа воссоздан в 3D и произведена настройка текстур стен, расставлены объекты сантехники и двери. В перспективе можно доработать и создать модели выключателей и электрических розеток, для большей детализации. Модели для ArchiCAD можно загрузить с рекомендуемых сайтов на официальной странице [4]. На рис. 4 показаны модели жилых помещений 2-х комнатной квартиры. Рис. 5 показывает результат визуализации квартиры-студии.



Рис. 4. Результат визуализации модели двухкомнатной квартиры



Рис. 5. Результат визуализации модели квартиры-студии

Далее показаны план двухкомнатной квартиры и общий план одного из типов планировок всего этажа (рис. 6). Текстуры были взяты с сайта Cgtrader [5].

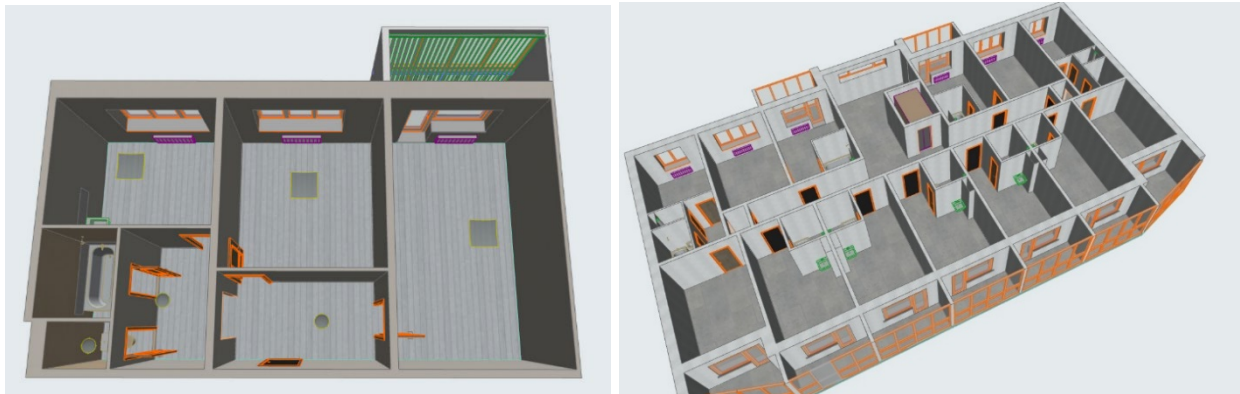


Рис. 6. Модель двухкомнатной квартиры и общая модель одного из этажей

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. BIM в России. Что его стимулирует, а что — тормозит [Статья-Электронный ресурс] – URL: https://www.cnews.ru/articles/2020-02-21_bim_v_rossiichto_ego_stimulirueta
2. Официальный сайт застройщика [Электронный ресурс] – URL: <http://chi-stayasloboda.ru>
3. ARCHICAD-A 3D architectural BIM software for design & modeling [Электронный ресурс] – URL: <https://graphisoft.com/ru>
4. Сайты загрузки объектов Archicad [Электронный ресурс] – URL: <https://graphisoft.com/ru/downloads>
5. Ресурс для загрузки материалов для 3D моделирования [Электронный ресурс] – URL: <https://www.cgtrader.com>

© Н. С. Головачев, 2021

Д. Д. Дарабаев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАРТФОНА

Фотосъемкой именуют совокупность работ по созданию топографических карт, планов и цифровых моделей территорий с применением материалов, приобретенных с помощью фотокамер в том числе, установленных на летательных аппаратах.

В последнее время с массовым развитием цифровой фотографической техники и программного обеспечения появилась возможность получения цифровых моделей местности и отдельных объектов в минимально короткие сроки с минимальными трудозатратами используя основы фотограмметрии.

Традиционно фотограмметрия – это научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их фотоизображениям. Существует два основных направления в фотограмметрии: создание карт и планов Земли (и других космических объектов) и решение прикладных задач в архитектуре, строительстве, медицине, криминалистике и т. д. (наземная, прикладная фотограмметрия) [1].

В статье речь идет о применении современных методов цифровой фотограмметрии в области архитектуры и частично в области горного дела.

В качестве апробации предлагаемой технологии было принято решение о создании 3D объектов памятников архитектуры используя в качестве фотоаппарата современный смартфон.

Для проведения эксперимента использовался смартфон 2018 года выпуска оснащенный двумя камерами.

Технические характеристики камеры смартфона приведены в таблице.

Таблица

Камера	Фотокамера (Мп) 16 + 2 (двойная) Характеристики камеры: -16 МР, диафрагма f/2,2, 1,0µm, PDAF -2 МР, датчик глубины Автофокус – да Угол обзора – 78° Выдержка 8 – 1/4000 сек Вспышка – светодиодная Разрешение – 4608×3456 пикс. Фокусное расстояние – 3,81мм Min/Max диапазоны ISO 50-3200
--------	--

Объектом для съемки стала установленная на постамент ИСУ-152 – советская тяжелая самоходно-артиллерийская установка (САУ) периода Великой Отечественной войны. Данный памятник располагается в Сквере Славы, Ленинский район города Новосибирск.

Вокруг данного памятника имеется достаточно большая забетонированная площадка, что упрощало обход вокруг САУ и, соответственно, процесс фотосъемки. Еще одним преимуществом являлось отсутствие деревьев или других посторонних предметов в радиусе нескольких метров.

Съемка производилась в солнечную погоду.

При фотографировании были учтены следующие параметры: светочувствительность (ISO), фокусное расстояние, приоритет диафрагмы, выдержка.

Чем выше уровень светочувствительности, тем заметнее будут шумы (дефекты изображения); верна и обратная пропорциональность – чем ниже ISO, тем менее выражены шумы на фотографии.

Фокусное расстояние – это важный параметр, определяющий угол обзора. Чем меньше фокусное расстояние, тем больший диапазон попадает в кадр. Соответственно, чем больше фокусное расстояние, тем крупнее кажутся удаленные объекты [2].

Приоритет диафрагмы – представляет режим автоматического управления экспозицией фотоаппарата или видеокамеры, при котором автоматика бесступенчато выбирает выдержку затвора (время считывания кадра матрицей), в зависимости от установленной вручную диафрагмы [3].

Выдержка – скорость затвора или время, в течение которого затвор остается открытым и свет попадает на сенсор камеры [4].

При выдержке более 1/60 камера чувствительна к сотрясению, и снимки могут получиться смазанными. Чтобы этого не произошло, при съемке с длинной выдержкой используется штатив [5].

Перед началом съемки были выбраны необходимые настройки. Светочувствительность выставлена на значение ISO: 50. Значение диафрагмы поставлено равным F: 2,20. Фокусное расстояние: 26 мм. Выдержка стояла в автоматическом режиме.

При съемке, необходимо, чтобы объект полностью заполнял кадр.

Качество 3D-модели будет напрямую зависеть от качества полученных снимков. Если на фото будет слишком много объектов на заднем плане, они попадут и в компьютерную модель [6].

Фотографии производят с разных ракурсов, перемещаясь вокруг объекта. Фото необходимо делать через 30 относительно круга обхода. В таком случае перекрытие составит порядка 95 % и захватит множество общих точек.

Схематически технология съемки показана на рис. 1.

Чем больше будет сделано фото, тем детальнее получится готовая модель объекта.

Всего было сделано порядка 100 фотографий.

По времени вся съемка заняла 10 минут.

Обработка фотографий выполнялась в программе Agisoft Metashape Professional.

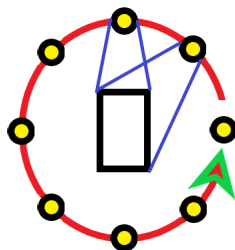


Рис. 1. Схема проведения съемки

Agisoft Metashape Professional – универсальный инструмент для создания трехмерных моделей поверхностей и отдельных объектов по фотоснимкам [7].

Agisoft Metashape Professional использует алгоритм, который сначала находит характерные точки на отдельных фотографиях, а потом, на основе уникальных идентификаторов – дескрипторов, точки отождествляются. Если точка опознана на двух и более [8].

После этого следует выравнивание, оно же – фототриангуляция. Этот процесс реализован с помощью алгоритма Bundle Block Adjustment, в основе которого лежит метод наименьших квадратов. Bundle Block Adjustment – это интерпретация способа связок, который является самым строгим способом решения фототриангуляции. В расчет могут быть включены координаты точек привязки (центров фотографирования или опорных точек) и проекции маркеров на кадре. Всем параметрам можно задать веса, т.е. масштаб их участия в расчете [9].

После построения разреженного облака связующих точек было построено плотное облако точек с помощью команд «Обработка – Построить плотное облако точек». После его построения лишние точки были вручную удалены с помощью инструмента «Прямоугольное выделение».

Плотное облако строится на основе карт глубины, для построения которых, в свою очередь, используется алгоритм Semi-Global Matching. Суть алгоритма заключается в том, что каждому пикселю левого снимка стереопары находится соответствующий пиксель на правом снимке. Каждый пиксель левого снимка сравнивается с поднабором пикселей правого снимка с соответствующей ординатой. Далее формируется куб (параллелепипед), для всего снимка, где каждому пикселю соответствует одна «линия» ячеек, а строке пикселей на снимке соответствует одно продольное сечение куба. Элементами куба являются значения критерия соответствия, анализируя которые находят минимальные значения для каждого пикселя [10].

Кроме того, анализируются связи между соседними пикселями по восьми направлениям вокруг данного пикселя. В результате, для каждого пикселя левого снимка находится соответствующее значение продольного параллакса и, как следствие, пространственные координаты точек плотной модели [11].

Выполняется построение модели без текстуры с помощью команд «Обработка – Построить модель», а после и текстурированного аналога.

И последним пунктом являлось построение тайловой модели. Исходными данными для этого было выбрано Плотное облако точек.

Таким образом, нами была апробирована технология создания цифровой модели объекта на примере создания 3D-модели, также по данной технологии было создано еще несколько 3D-моделей различных архитектурных памятников.

Фонтан «Яблоко» установлен в 2005 году в парке Кок-Тобе на одноименной горе, которая находится в одном из районов города Алматы. Было сделано 79 фото данного объекта.

Затем был отснят фонтан «Жемчужина», для этого понадобилось 155 фото.

В процессе работы была выполнена фотосъемка трех объектов. После обработки в Agisoft Metashape Professional, были получены их цифровые модели.

В результате, можно сделать вывод, что данный способ построения 3D-модели объекта при помощи смартфона, является оптимальным вариантом, обладающими следующими достоинствами: понятный алгоритм, быстрота проведения съемки, легкая аппаратуру, простота использования камеры смартфона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // Фотограмметрия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фотограмметрия> (дата обращения: 25.12.20).
2. Sony [Электронный ресурс]: Фокусное расстояние // Режим доступа: <https://store.sony.ru/promo/e-mount/basics/pages/> (дата обращения: 25.12.20).
3. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // Приоритет диафрагмы. Режим доступа: <https://vk.cc/bWup0o> (дата обращения: 25.12.20).
4. Фотогора [Электронный ресурс]: расшифровка выдержки и движения в кадре// Режим доступа: <https://fotogora.ru/rasshifrovka-vyderzhki-i-dvizheniya-v-kadre/> (дата обращения: 25.12.20).
5. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // Выдержка (фото). Режим доступа: <https://vk.cc/309rsE> (дата обращения: 25.12.20).
6. Методика фотосъемки // Первый автосервисный журнал: сетевой журн. 1997. Режим доступа: <https://vk.cc/bWur8p> (дата обращения: 25.12.2020).
7. Wikipedia. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // Metashape. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Metashape> (дата обращения: 25.12.20).
8. GEOSCAN [Электронный ресурс]: Agisoft Metashape Professional // Режим доступа: https://www.geoscan.aero/ru/software/agisoft/metashape_pro (дата обращения: 25.12.20).
9. Документация Геоскан «Пионер» [Электронный ресурс]: Agisoft Metashape// Режим доступа: <https://vk.cc/bWutLp> (дата обращения: 25.12.20).
10. GEOSCAN [Электронный ресурс]: Agisoft Metashape Standard// Режим доступа: https://www.geoscan.aero/ru/software/agisoft/metashape_standard (дата обращения: 25.12.20).
11. А.Г. Чибуничев, А.П. Гук Фотограмметрия: вчера, сегодня, завтра// Геодезия и аэрофотосъемка МИИГАиК. – 2016. – Том 60, № 2. – С. 3–8.

© Д. Д. Дарабаев, 2021

Д. О. Дрыга

Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ ИГРОВЫХ РЕСУРСОВ

Всё чаще можно увидеть использование фотограмметрических методов в различных прикладных задачах, не связанных с картографией. Так одним из популярных направлений на сегодняшний день стала игровая индустрия. Крупные компании, занимающиеся разработкой компьютерных игр, имеют в штате сотрудников, занимающихся созданием библиотек трехмерных моделей для использования в будущих проектах. Существует несколько компаний, которые напрямую занимаются созданием фотореалистичных трехмерных моделей с использованием фотографий. Среди наиболее известных можно выделить международный проект Quixel Megascans. В статье озвучено, как именно происходит процесс создания трехмерных моделей для последующей интеграции в специализированные программные средства, используемые при создании компьютерных видеоигр («игровые движки»). Методика фотограмметрической съемки уже широко описана в различных статьях, однако в качестве рекомендаций будет выделено следующее:

- съемка при минимальных значениях светочувствительности (ISO = 100);
- съемка со штатива с использованием спускового тросика или пульта дистанционного управления;
- закрытая диафрагма, для получения максимальных значений глубины резко изображаемого пространства;
- пространственное разрешение снимков определяется детальностью моделей создаваемой библиотеки.

Стоит отметить, что в зависимости от типа объекта определяется методика съемки, однако большинство объектов все же снимается путем обхода объекта вокруг (конвергентная съемка). Небольшие предметы можно снимать в фотостудии, в то время как крупные объекты чаще снимают в их естественной среде (валуны, автомобили, памятники архитектуры и т. п.). В идеальном случае объект необходимо равномерно покрыть изображениями с наличием тройного перекрытия на всей поверхности объекта. В реальности это практически невозможно, поэтому траекторию съемки упрощают до ряда параллельных маршрутов с заданными перекрытиями и базисами. Если говорить о простых объектах, то, например, объект цилиндрической формы можно сфотографировать круговыми маршрутами на фиксированном расстоянии от центра объекта (рис. 1).

Если же объект имеет более сложную форму – маршруты должны повторять основную форму объекта, чтобы при съемке иметь схожее пространственное разрешение снимков.

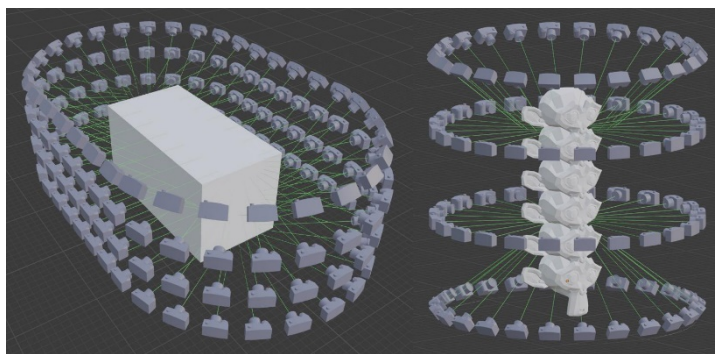


Рис. 1. Траектории съемки различных по форме объектов

Особенность фотограмметрической модели состоит в отображении всех дефектов объектов и материалов. В реальном мире нет объектов с идеальной геометрией и основная задача фотореалистичного моделирования – максимально точно отобразить эти особенности. Поэтому при съемке объекта следует отдельно и с большим пространственным разрешением отснять существующие детали объекта. На примере автомобиля можно выделить петли, зеркала, дверные ручки, вмятины (рис. 2).

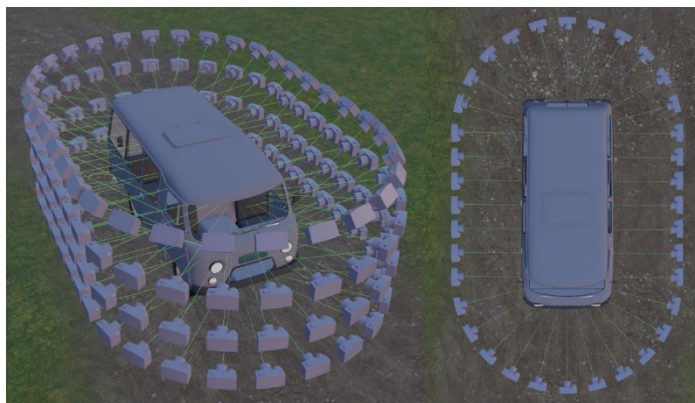


Рис. 2. Траектория съемки основной геометрии

После получения набора исходных изображений необходимо провести фотограмметрическую обработку снимков. Для этого используются программные пакеты, ориентированные на создание трехмерных моделей: RealityCapture, Metashape, Meshroom и т.п. В процессе обработки важным этапом является масштабирование и ориентирование трехмерной модели относительно глобальной системы координат программы.

Полученная фотограмметрическим путем триангуляционная модель (рис. 3) будет отличаться большим количеством полигонов (треугольников), детализированной текстурой с автоматически сгенерированной UV-разверткой, наличием шумов и ошибок топологии (полигоны с нулевой площадью, пересекающиеся полигоны). Основной задачей специалиста является очистка полигональной сетки модели, «ретопология» и создание корректной UV-развертки для модели.



Рис. 3. Трёхмерная модель, полученная фотограмметрическим методом

Алгоритмы автоматической ретопологии, предлагаемые большинством программ для трехмерного моделирования, хорошо справляются с простыми объектами, однако, в случае если объекты имеют много различных деталей в процессе обработки происходит сглаживание геометрии с потерей качества (рис. 4). В таком случае приходят к ручному моделированию.

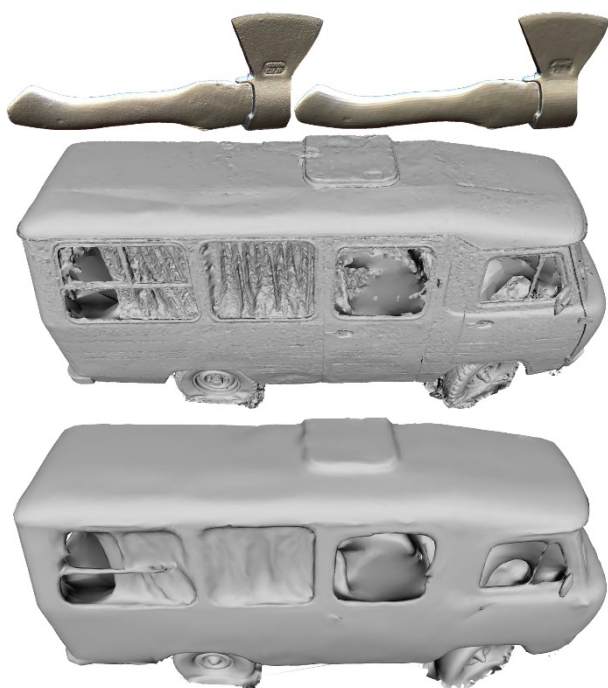


Рис. 4. Пример автоматической ретопологии объектов с простой(сверху) и сложной(снизу) геометрией.

Моделирование может быть как параметрическим, так и полигональным. Для компьютерных видеоигр наиболее важным является возможность рендеринга в режиме реального времени, соответственно желательно использовать

низкополигональные модели с достаточно простыми текстурами. В связи с этим предпочтение отдается полигональному моделированию, где в процессе работы можно отслеживать количество многоугольников и их форму (рис. 5).



Рис. 5. Процесс моделирования на основе фотограмметрической модели

Помимо создания модели необходимо оптимизировать текстуры модели. Для решения данной задачи можно использовать полуавтоматическое создание UV-развертки с последующим процессом запекания текстур с фотограмметрической модели, однако минимальное расхождение в геометрии моделей может привести в данном случае к ошибкам. Другим способом является текстуринг или шейдинг. Шейдер обычно включает в себя описание поглощения и рассеивания света, отражение и преломление, смещение поверхности и другие эффекты. Программируемые шейдеры очень эффективны и позволяют при помощи простых геометрических форм визуализировать сложные поверхности.

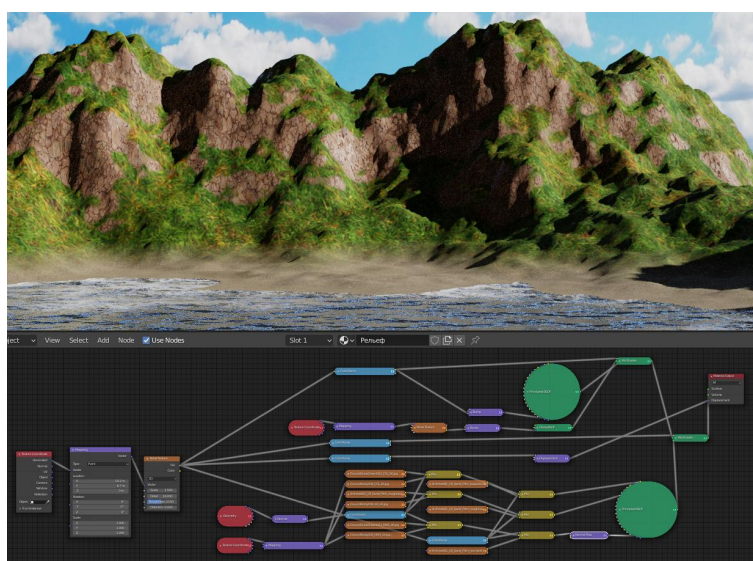


Рис. 6. Рельеф сгенерированный при помощи шейдера

Опционально для трехмерных моделей, используемых в дальнейшем в игровых движках с анимацией, создается оснастка модели или анимационный сет-ап. Данный процесс чаще называют риггингом (рис. 7).



Рис. 7. Создание анимационного сетапа.

Полученную модель можно экспортировать в наиболее популярные игровые движки (Unity, UnrealEngine) и использовать в качестве основного или второстепенного объекта. Для полноценной интеграции потребуется добавить камеру, задать элементы управления, анимации и настроить параметры столкновений. Пример элементарного блока управления автомобилем с использованием визуального скриптинга (Blueprint) представлен на рис. 8.

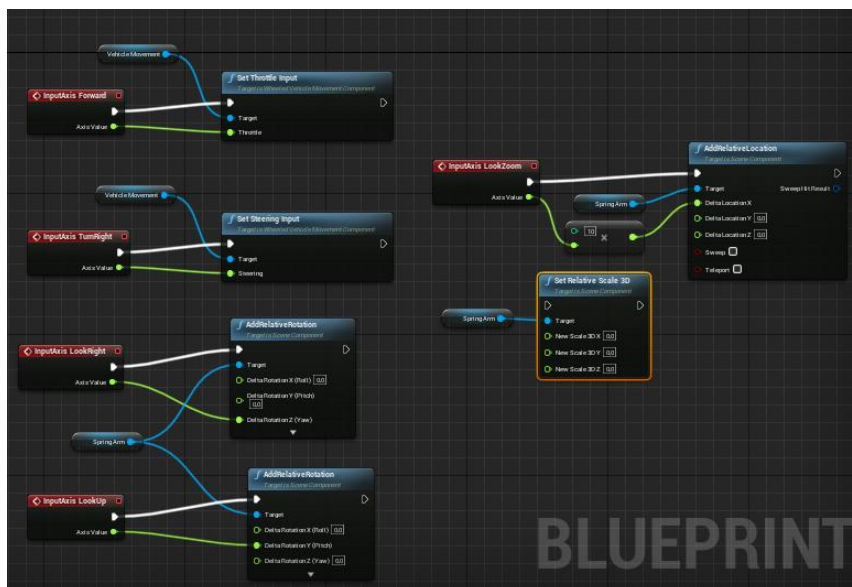


Рис. 8. Задание элементов управления трехмерным объектом в игровом движке Unreal Engine 4.

В процессе создания трехмерных библиотек для видеоигр фотограмметрическая модель может являться хорошей основой, дополняющей или заменяющей чертежи и фотографии, позволяющая точно выдерживать масштаб и расположение элементов на конкретном объекте. С примерами некоторых трехмерных моделей, созданных в процессе работы можно ознакомиться на портале Sketchfab: <https://sketchfab.com/hopkuh/models>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дрыга Д. О. К методике создания трехмерных моделей объектов культурного наследия экспонатов музейных коллекций// Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2019. – № 5. – С. 512–523.

2. Obradović, Miloš and Vasiljević, Ivana and Đurić, Isidora and Kićanović, Jelena and Stojaković, Vesna and Obradović, Ratko, Virtual Reality Models Based on Photogrammetric Surveys— A Case Study of the Iconostasis of the Serbian Orthodox Cathedral Church of Saint Nicholas in Sremski Karlovci (Serbia) // Applied Sciences. –2020. –№10

<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/8/2743/pdf>

3. Unity Photogrammetry Workflow (2017) [Electronic resource] / Sébastien Lachambre, Sébastien Lagarde, Cyril Jover – Англ. – Режим доступа: https://unity3d.com/files/solutions/photogrammetry/Unity-Photogrammetry-Workflow_2017-07_v2.pdf

© Д. О. Дрыга, 2021

М. Н. Игнатьева

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ)

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНИМАЦИОННЫХ ПРОГРАММ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕМЕЙСТВА AUTODESK ДЛЯ ТЕМПОРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИЗМЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА

На современном этапе развития космических технологий особо актуальным является развитие методов и программного обеспечения спутникового зондирования и картографирования с целью получения объективной и комплексной оценки характеристик поверхности космического тела и его приповерхностных горизонтов.

В статье «Перспективность использования популярных анимационных программ трёхмерного моделирования в процессе темпорального анализа изменения рельефа» от ноября 2019 года автором была представлена последовательность работ по созданию трёхмерного пространства с учётом потребностей современного картографирования в программе Autodesk Maya 3D с применением ряда сопутствующих ей программных модулей. Представив 7 этапов создания модели рельефа в данной программе, было уточнено, что подобный же комплекс действий применяется и в другой программе семейства Autodesk – Autodesk 3ds Max.

В рамках статьи был представлен план создания пространственной 3D-модели рельефа, которая может быть автоматизирована с помощью сопутствующих программ или же создания новой программы, использующей технические возможности Autodesk. В данном случае имеется в виду создание статичной пространственной модели, которая в плане визуализации не будет уступать ни одной из имеющихся программ картографирования – ArcGIS 3D Analyst, PHOTOMOD и иных. По многим параметрам программы семейства Autodesk превосходят уже имеющиеся специализированные программы геодезии и картографирования, например, в реалистичной визуализации, детализированности, масштабности проектирования.

В связи с этим, в рамках проекта анализа использования анимационных программ трёхмерного моделирования семейства Autodesk была проведена работа по изучению возможности применения Maya 3d и 3ds Max в отношении создания динамических моделей пространства.

Главной целью данной части проекта по исследованию возможностей использования анимационных программ трёхмерного моделирования семейства Autodesk было определить те характеристики программ, которые наиболее объективно соответствуют их применению в рамках создания динамичных 3D-моделей поверхностей, в частности, рельефа.

На первом этапе исследования для описания эффективного использования технических возможностей программ семейства Autodesk необходимо было выделить их основные преимущества перед аналогичными специализированными программами в области геодезии и картографирования:

1. Возможность достижения крайне высокой степени детализации поверхностных пространств, что делает возможным создание сверхчётких и реалистичных проекций. Программы семейства Autodesk способны работать с поверхностями любого разрешения. Касательно географического пространства, данное разрешение может быть установлено как в масштабе 1:100 (в 1 см 1 м), так и намного выше, например, 1:10 или 1:1. Тем самым, может быть создана максимально точная матрица характеристик рельефа относительно расстояний между объектами или маркерами, а также отдельными формами рельефа как между ними, так и внутри них самих.

2. Возможность использования крайне большого количества точек, создающих набор характеристик поверхностных пространств. Каждая точка пространства имеет свои параметры трёхмерных характеристик относительно соседних. Набор граничащих друг с другом точек определяет общую комплексную характеристику данной области поверхности. Чем ближе расположены данные точки, тем точнее будут характеристики поверхности. Тем самым, может быть создана максимально точная матрица характеристик рельефа относительно как расстояний между объектами или маркерами, так и угловых показателей соотношения этих точек относительно друг друга;

3. Возможность замены послойного моделирования поверхностей комплексным с применением широкого спектра инструментов и модулей в каждом из них. Программы Maya 3d и 3ds Max изначально предусматривают работу в объёмной виртуальной среде, тем самым, послойное создание поверхностей может быть заменено на изначально трёхмерное проектирование. Это ещё более достижимо, если к данным программам применить автоматизированные модули передачи данных, которые по объёму предоставляемой информации будут зависеть только от разрешения измерительного аппарата.

Таким образом, выявленные три важнейшие преимущественные характеристики программ семейства Autodesk позволяют рассматривать их как полноценные и эффективные аналоги имеющимся специализированным геодезическим и картографическим программам.

На втором этапе исследования для описания эффективного использования технических возможностей программ семейства Autodesk на примере, необходимо было проанализировать 3ds Max характеристики программ относительно построения статичных 3D-моделей, которые в дальнейшем будут трансформироваться в динамические.

Изначальная поверхность, предоставляемая программой 3ds Max, имеет нулевые параметры, что позволяет использовать плоскость с безграничным количеством маркерных точек любого уровня. Важным условием моделирования данного типа является изначальное определение самой низшей точки моделируемого пространства, которая будет принята за ноль поверхности. Все остальные точки рельефа будут иметь положительные параметры высоты относительно нулевой.

При нанесении необходимого количества точек положительных высотных параметров образуется сложная поверхность, в которой в дальнейшем может

быть применён принцип искусственного назначения либо нулевой высоты, либо минимальной высоты относительно уровня океана или иного уровня, принятого за ноль для всей планетарной поверхности.

Усложнение геометрии поверхности зависит только от количества точек и плотности их размещения. При этом первоначальная плоская поверхность, моделируемая от нуля в положительные характеристики точек, трансформируется в сложный рельеф уже с любыми высотными показателями. При этом, «точка нулевой высоты» может быть размещена там, где это необходимо согласно параметрам данной отображаемой территории.

Размещение маркерных точек высот в проекции в ходе моделирования может быть как визуально скрыто, так и показано отдельно. Визуалистика точек происходит без использования послойного принципа их нанесения, что облегчает цифровую обработку данных и позволяет изначально моделировать поверхности любых уровней сложности с автоматическим проектированием углов соотношения точек относительно друг друга.

В дальнейшем, все точки заключаются в систему компьютерной триангуляции. Данный вид проекции достаточно сложен для визуалистики в низком или генеральном разрешении, поэтому его масштаб также изменяется на основе маркерных точек, которые могут быть определены как в ручном, так и в автоматическом режиме. Главным отличием компьютерной триангуляции от геодезической будет являться целостность поверхностных характеристик множества точек внутри каждого треугольника. Тем самым, при генерализации поверхности исходные параметры не будут теряться или игнорироваться.

Цифровые данные высот и углов наклона заменяются на цветовые характеристики, что психологически намного нагляднее и легче воспринимается глазом, чем совокупность числовых данных, даже если они представлены во топографическом виде линейного объединения точек, имеющих одну высотную характеристику. Принцип изометрии подходит к статическим моделям отображения рельефа поверхности, однако абсолютно тяжело применимы в динамических моделях. Следовательно, цветовая диаграмма является наиболее эффективной и наглядной.

Цветовое отображение высотных характеристик рельефа может быть как макрозональным, так и микрозональным, и даже точечным. Чем выше разрешение проекции, тем большее количество точек она вмещает, следовательно, тем более подробная создаётся компьютерная триангуляция, формирующая карту в статическом виде.

Кроме точечного формирования поверхности рельефа может быть использован и столбчатый метод. Преимуществом столбчатого метода является упрощение моделирования как самого рельефа поверхности в статической модели, так и его трансформации в динамической модели. Недостатком же данного метода будет условность различного уровня представления поверхности при динамических процессах трансформации рельефа. Чтобы этого избежать, потребуется создание дополнительных точек привязки либо уменьшить площадь поверхности элемента, что также приведёт к высокой нагрузке расчёта поверхностных характеристик.

Таким образом, точечный принцип построения рельефа наиболее оптимален. Данный принцип хорошо развит в программах семейства Autodesk, что облегчает работу с построением самых сложных форм рельефа, а применение богатой цветовой гаммы делает данное проектирование максимально визуализированным, не исключая при этом никакие технологические принципы построения и прочтения 3D-карт, так как совмещает в себе и цифровые характеристики.

При построении динамической 3D-карты любого типа – топографической, физико-географической, геологической, геоморфологической и иной – необходимо подключение, например, программы Autodesk 3ds Max к загрузке данных мониторинга. Изменения характеристик любой точки будет отражаться на 3D-карте одним из условных цветов, не используемых в цветовой гамме рельефа, например:

- жёлтый – минимальные изменения (до 3К);
- оранжевый – средние изменения (от 3К до 6 К);
- красный – значительные изменения (более 6К),

где К – единица масштаба в максимальном разрешении для данной программы, установленном соответствующей службой.

При использовании программы Autodesk 3ds Max или аналогичной из семейства Autodesk мы получаем показатели, максимально визуализированные, комплексные и детализированные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ганеев Р.М. 3D-моделирование персонажей в Maya. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012.
2. Евстигнеев Д.В. Разработка трехмерных моделей в 3D Studio MAX. – Учебное пособие. – Москва, 2012.
3. Келли Мэрдок. Autodesk 3ds Max 2013. Библия пользователя = Autodesk 3ds Max 2013 Bible. – М.: «Диалектика», 2013.
4. Кравцова В.И. Космические методы картографирования. – М.: Московский ун-т, 1995.
5. Сазанов Е.А. Архитектурная визуализация в программе Autodesk 3ds Max 2015. – Омск, 2016.
6. Самоучитель AUTODESK 3DS MAX 9. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2008.

© М. Н. Игнатьева, 2021

Н. И. Кальянова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Непросто решать современные задачи и проблемы в горном деле. Появление различных ГИС облегчало решение практических задач широкого спектра для горнорудных компаний и геологоразведочных предприятий, разведка, добыча, транспортировка полезных ископаемых, составление и ведение геологических карт и атласов, оценка запасов и составление отчетности, а также охрана окружающей среды стали производиться гораздо легче и быстрее.

Любой сотрудник предприятия может иметь доступ к нужным ему данным. И взаимодействовать с ними с помощью интерактивных веб-карт в любой момент времени в рамках решения повседневных производственных задач.

В своей работе, хочу обратить внимание на процесс создания 3-х мерной модели территории карьера в программе Micromine по результатам аэрофотосъемки.

Аэрофотосъемка была произведена летом 2020 г., в качестве беспилотного летательного аппарата использовался квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro, который по своим техническим характеристикам в полной мере удовлетворяет предъявляемой точности. Весь процесс аэрофотосъемки был произведен в автоматическом режиме.

Высота, с которой производилась фотосъемка составляла 100 метров над точкой взлета, при этом продольное и поперечное перекрытие было запланировано 80 % и 70 %. В результате было получено 129 цифровых изображений высокого разрешения. Фотограмметрическая обработка результатов плановой аэрофотосъемки выполнена с помощью программных комплексов Agisoft Metashape.

В результате фотограмметрической обработки получены выходные данные: плотное облако точек в формате LAS, ортофотоплан, с помощью которых в дальнейшем можно создавать или обновлять маркшейдерские планы участка работ.

Импортировав облако точек в программу Micromine (рис. 1) можно построить цифровую модель поверхности (ЦМП) карьера (рис. 2).

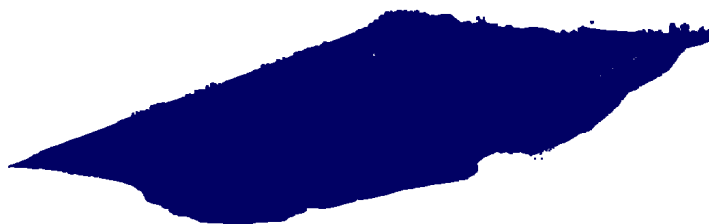


Рис. 1. Облако точек

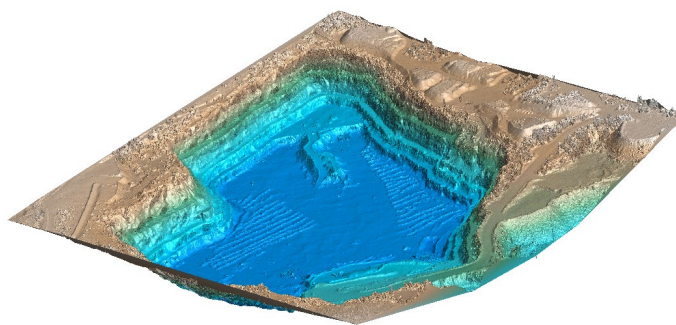


Рис. 2. ЦМП

Основной целью создания ЦМП в горном деле является решение задач, требующих информации о высоте объектов, которые находятся на поверхности земли данной территории.

Также с помощью программы Micromine можно наложить ортофотоплан на ЦМП (рис. 3). В результате всей работы можно получить точную трехмерную модель карьера Борок, по которой можно планировать дальнейший процесс работы.

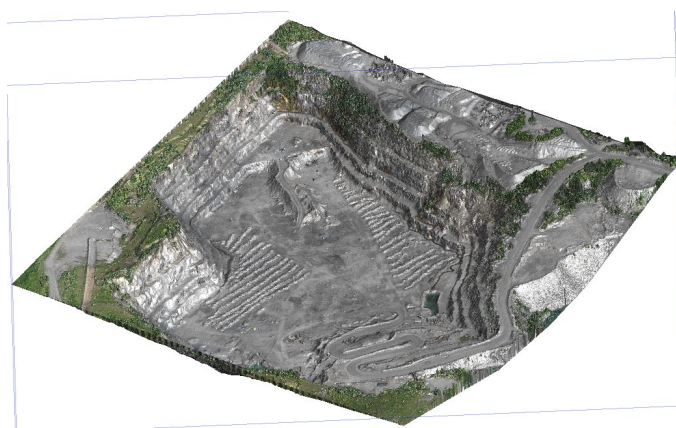


Рис. 3. Трехмерная метрическая модель карьера

3-х мерное моделирование в горном деле позволяет отображать все технологические этапы разработки месторождения, особенно на этапах эксплуатации и рекультивации карьера. С помощью аэрофотосъемки модель карьера достаточно легко происходит обновление процесса производства. 3-х мерную модель, можно использовать как средство наглядного мониторинга за состоянием его отдельных участков для своевременного принятия решений.

В целом использование беспилотных летательных аппаратов позволяет ускорить процесс получения пространственных данных при проведении маркшейдерско-геодезических работ на горных предприятиях, особенно на опасных

и труднодоступных участках, что позволяет сократить время полевых работ, а в некоторых случаях и обезопасить исполнителя от получения нежелательных травм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бесимбаева О. Г., Хмырова Е. Н., Бедарев А.С. Исследование возможности 3D моделирования для маркшейдерского обеспечения ведения горных работ // г. Казахстан, 2014 г.
2. Аэрофотосъемка – Алтум. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://altumgeo.ru/products/3d-model/>.
3. «Объемное 3D моделирование месторождений». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://geo-tc.ru/o_kompanii_geotekhnologiya/3d_modelirovanie_mestorozhdenij.
4. Писарев В.С., Кудрявцева А.С. // Методика создания 3-х мерной модели карьера по добыче строительного камня. Сборник статей по итогам научно-технических конференций, приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. - № 11 – С. 144-146.
5. Писарев В.С., Ахмедов Б.Н. Оценка точности при выполнении подсчета объема земляных работ // Маркшейдерия и недропользование. 2019. № 4 (102). С. 38-41.
6. Ахмедов Б. Н. Построение цифровых трехмерных моделей геопространства // Сборник научных докладов молодежной научно-практической конференции «Инженерная графика и трехмерное моделирование». – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – С. 9–13.

© Н. И. Кальянова 2021

М. М. Кимаковский, Н. А. Митюшенко

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВЕТСКОГО ДАЛЬНОМЕРНОГО МАЛОФОРМАТНОГО АППАРАТА

Оптика уже давно прочно вошла в нашу жизнь. На сегодняшний день уже невозможно представить себе современность без биноклей, телескопов, фотоаппаратов и видеокамер. А какие фотоаппараты были в обиходе в Советском союзе? Являясь студентами оптического института, мы приняли решение разработать 3D–модель советского фотоаппарата «Зоркий - 4» с помощью программы Blender 3D.

Blender 3D – профессиональное программное обеспечение, с помощью которого создается анимация и компьютерная графика. Благодаря обширному количеству инструментов программа позволяет создавать различные трёхмерные модели.

«Зоркий - 4» является одним из самых массовых фотоаппаратов Красногорского Механического Завода, в период с 1956 по 1973 г.г. было произведено 1715677 шт.

А теперь рассмотрим некоторые характеристики «Зоркого»:

- корпус камеры выполнен из металла, со съёмной задней стенкой;
- видоискатель совмещён с дальномером;
- взвод затвора и перемотка плёнки производятся вращением маховичка (заводной головки);
- допускает использование сменных объективов, таких как Индустар – 50 и Юпитер-8

Внешний вид фотоаппарата изображен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид фотоаппарата

На верхнем щитке находятся кнопка спуска, крепление под вспышку, регулятор выдержки и механизм взвода плёнки. Также в данной модели имеется диоптрийная поправка, показанная на рис. 2.



Рис. 2. «Зоркий-4» с объективом Юпитер-8

Она необходима для людей с плохим зрением, чтобы они смогли снимать без очков. Смотровое окно видоискателя изображено на рис. 3.



Рис. 3. Задняя сторона фотоаппарата

Несмотря на уменьшение использования плёночных фотоаппаратов, «Зоркий-4» продолжает пользоваться спросом у любителей советских фотоаппаратов в наши дни благодаря своей надёжности и хорошим качеством фотографий (рис. 4, 5).



Рис. 4. Фронтальная сторона фотоаппарата

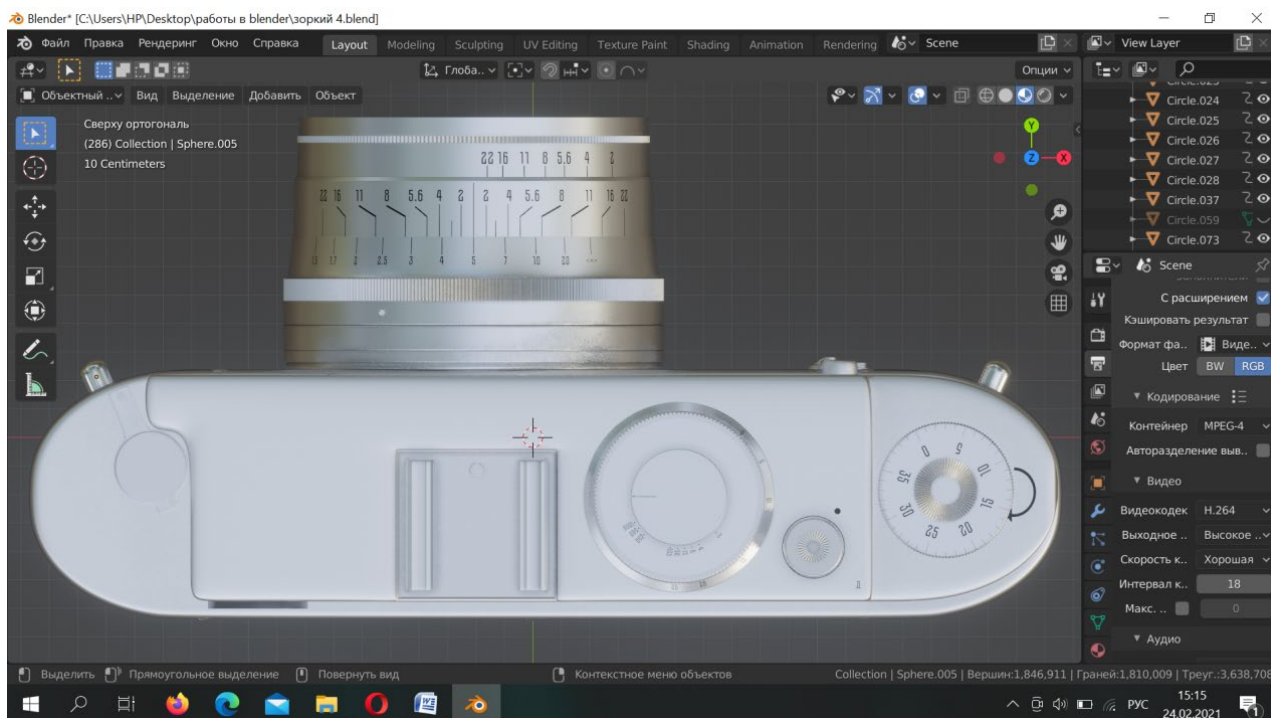


Рис. 5. Верхняя сторона фотоаппарата (обратите внимание на нанесённую шкалу)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Устройство и ремонт фотоаппаратов, Майзенберг, И.С., Киев 1964 г.
- 2 Фотоаппарат «Зоркий 4» (описание), 1955 г.
- 3 Фотолюбителю-туристу, Вендровский К.В., Москва 1961 г.

© М. М. Кимаковский, Н. А. Митюшенко 2021

М. П. Мучин, Н. А. Тимофеев

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ)

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА 3D-АНИМАЦИИ

Настоящая исследовательская работа выполнена в соответствии с заданием Центра безопасности труда Сибирского государственного университета геосистем и технологий. Центр безопасности труда является структурным подразделением университета и реализует, в соответствии с «Положением», утвержденным ректором университета, разные виды деятельности, среди которых отметим – «Организация научно-исследовательской, консультативной и методической работы, направленной на решение практических проблем в совершенствовании организации и управления охраной труда, обеспечении безопасной жизнедеятельности населения и экологической безопасности».

Для нас была поставлена задача показать возможности современных программных продуктов, реализующих 3D анимацию, при разработке чрезвычайной ситуации, связанной с пожарной опасностью.

В настоящее время вопросы обеспечения пожарной безопасности на производстве и в быту очень актуальны. Правовые основы пожарной безопасности регулируются множеством нормативных правовых актов среди которых отметим:

- ФЗ «О пожарной безопасности»;
- ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- С 1 января 2021 года вступили в силу новые «Правила противопожарного режима в Российской Федерации», утвержденные Постановлением Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479.

Поставленная задача была решена посредством создания анимационного ролика, показывающего развитие пожароопасной ситуации и момент срабатывания автоматического противопожарного извещателя – фотоэлектрического датчика, реагирующего на дым и пар.

Основные этапы создания анимационного ролика включали:

1. Разработку пожароопасной ситуации (сценария);
2. Выбор объектов, включенных в пожароопасную ситуацию;
3. Начало и развитие пожароопасной ситуации с появлением опасных факторов;
4. Повышение концентрации паро-дымовой смеси и срабатывание фотоэлектрического датчика (извещателя).

В качестве пояснения отметим, что средства противопожарной автоматики предназначены:

1. Для автоматического обнаружения пожара и оповещения о нем людей;
2. Для управления эвакуацией людей;
3. Для срабатывания автоматического пожаротушения и включения исполнительных устройств систем противодымной защиты и др.

Очевидно, что от эффективной работы противопожарного извещателя зависит очень много. Позднее срабатывание датчиков извещателей может привести к жертвам среди людей и большим материальным потерям. Даже если предприятие имеет надежную систему пожаротушения, нарушение работы противопожарного извещателя сведет к минимуму эффективность ее работы.

Учитывая изложенное, можно сказать, что популяризация систем пожарной безопасности на самом первом ее этапе срабатывания, задача актуальная и требует применения любых средств, в том числе использование возможностей 3D анимации.

Для более широкого охвата аудитории, потенциальных пользователей автоматических противопожарных систем, пожароопасную ситуацию было решено показать в помещении, которое могло бы быть как в жилом доме, так и в офисе с рабочими местами.

При создании анимационного ролика было использовано и выполнено следующее.

Модель бытового прибора в виде микроволновки создана на основе примитивов (Box) и цилиндр (Cylinder) с помощью модификатора работы с полигонами (Edit Poly). Все составляющие, не участвующие в анимации, объединены в целый объект.

Провод микроволновки создан из примитива цилиндр (Cylinder) с модификатором изгиба (Bend).

Электрический удлинитель создан из примитива (Box) с использованием булевой (Boolean) операции пересечения с объектами цилиндров (Cylinder). Провод создан аналогичным способом как провод микроволновки.

Представленные в ролике модели стола и стульев созданы тем же способом на основе (Box). Модель бутылки и тарелок созданы из примитива цилиндр (Cylinder). Тарелки на микроволновке дублированы с помощью инструмента массив (Array) в количестве 4 штуки.

Шары Ньютона состоят из нескольких объектов:

1. Подставка создана из объектов примитивов (Box) и цилиндр (Cylinder) с модификатором изгиба (Bend);

2. Шары с нитями состоят из объекта сферы (Sphere) и двух цилиндров (Cylinder). Дублированы функцией создания массивов (Array) в количестве 5 штук.

Датчик дыма создан из примитива цилиндр (Cylinder) и (Box) с помощью модификатора работы с полигонами (Edit Poly). Добавлен модификатор сглаживания (TurboSmooth).

Скелет Шаров Ньютона создан из объектов вспомогательных точек (Point). Для каждого Шара по ключевым кадрам настроена анимация движения. Геометрия и точки каждого Шара привязаны к главной точке.

Анимация падения бутылки создана с использованием плагина MassFX. Для бутылки установлен тип динамического объекта (Dynamic Body), в качестве плоскости добавлен примитив (Plane).

Электрическому удлинителю и созданной плоскости выбран тип – статическое тело (Static Body), параметр отталкивания (Bounciness) обнулен.

Создан объект симуляции ветра (Wind), по ключевым кадрам настроено изменение его силы с 0,0 до 1,1. Объекту бутылки задана зависимость от силы (Force), выбран объект ветра.

Далее бутылка выделена, проведена симуляция и запекание выбранного объекта (Bake Selected). Кадры, не участвующие в анимации удалены.

В сцену добавлена камера. Анимация задана через настройку положения и поворотов камеры и ее цели (Target) по ключевым кадрам.

Частицы созданы с помощью источника потока частиц (PF Source). Появление (Birth) частиц задано с 320 по 500 кадр (в момент загорания электропроводки). Тип частиц – двумерная квадратная плоскость (Square). Добавлен параметр статического материала (Material Static):

Материал создан на основе стандартной поверхности (Standard Surface), в канал прозрачности (Opacity) загружено изображение кругового градиента.

В качестве объекта, на который направлены частицы (Shape Facing), выбрана рабочая камера сцены.

Скатерть стола создана из объекта плоскость (Plane), наложен модификатор ткань (Cloth), выбран тип ткани – хлопок (Cotton), объект стола добавлен в качестве объекта столкновения (Collision object).

Материал скатерти создан при помощи физического материала (Physical Material). В каналы основного цвета (Base Color) и выдавливания (Bump) добавлено изображение текстуры скатерти (коррекция цветов выполнена с помощью соответствующей карты (Color Correct)).

Материал микроволновки создан на основе мультиматериала (Multi/Sub object). Каналы:

1. Основной материал – матовый черный металл. Параметр металла (Metalness) = 1,0. Шероховатость (Roughness) = 0,66. Базовый цвет (Base Color) выбран светло-серый;

2. Дополнительный материал – полуматовая сталь. Параметр металла (Metalness) = 1,0. Базовый цвет (Base Color) – серый;

3. Материал для подсветки микроволновки. Параметр свечения (Emission) = 1,0. Цвет выбран ярко-оранжевый;

4. Стекло. В канал карты базового цвета (Base Color Map) и карты прозрачности (Transmission Map) добавлено изображение сетки. Коррекция цвета проведена через карту корректировки (Color Correct).

Материал для шаров Ньютона создан при помощи мультиматериала (Multi/Sub object):

1 канал – материал полуматового пластика, выполненного под дерево. Основной цвет – темно-коричневый, шероховатость (Roughness) = 0,54;

2 канал – хромированный металл. Параметр металла (Metalness) = 1,0. Шероховатость убрана для достижения эффекта хрома.

Индикатору на фотоэлектрическом датчике дыма добавлен материал. Параметр свечения (Emission) настроен так, что на кадре с его столкновением с дымом

значение становится равным 1 (в остальное время 0). Каждые 10 кадров цвет свечения меняется с красного на желтый и обратно.

Симуляция жидкости проведена с помощью соответствующего объекта (Liquid). Начало и конец симуляции установлены на момент падения пластиковой бутылки.

Тип источника – хранилище (Container). Выбрана предустановка типа жидкости – вода (Water), плотность (Density) = 1 300.

Установлены объекты для столкновения (Collision objects): бутылка, переходник и скатерть стола.

Анимация сцены визуализирована в программе 3Ds Max с версией 2020 года. Использован визуализатор Arnold. Материалы созданы в окне Slate Material Editor.

Параметры рендера итогового ролика: разрешение (1280x720), тип визуализации – производственная (Production Rendering Mode) с настройками: камера (Camera AA) = 3, рассеивание (Diffuse) = 2, отражение (Specular) = 2, пропускание (Transmission) = 2, подповерхностное рассеивание (SSS) = 2, косвенный объем (Volume Indirect) = 2.

Цветокоррекция и финальная сборка выполнена в программном обеспечении для видеомонтажа DaVinci Resolve: повышена контрастность, цветовая температура настроена в холодном тоне. Итоговый ролик отрендерен в формате .mp4, с установленными настройками разрешения (1280x720), количеством кадров (24), выбран формат видео (.mp4). Итоговый объем видеофайла – 28 Мб.

Ниже, на рис. 1, 2 и 3, представлены три кадра из анимационного ролика показывающих развитие запланированной пожароопасной ситуации.



Рис. 1. Общий вид ситуации (сцены) 3D анимации и ключевых объектов

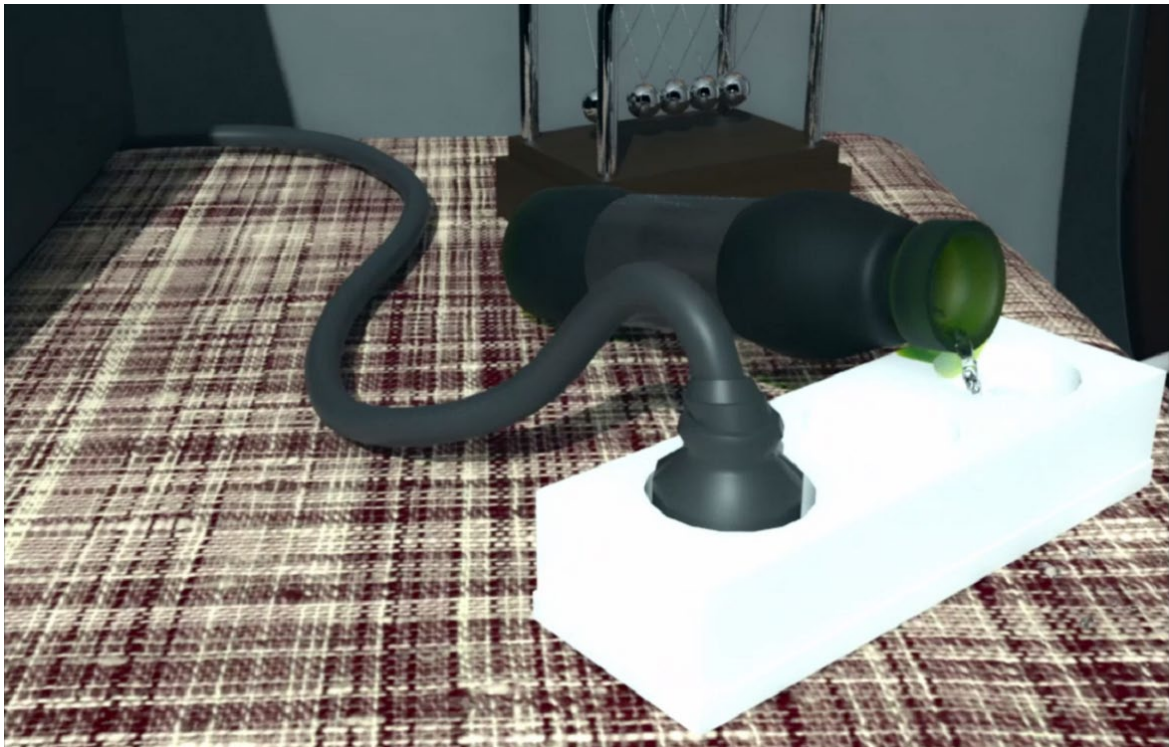


Рис. 2. Фрагмент (кадр) 3D анимации «На розетку пролилась жидкость»

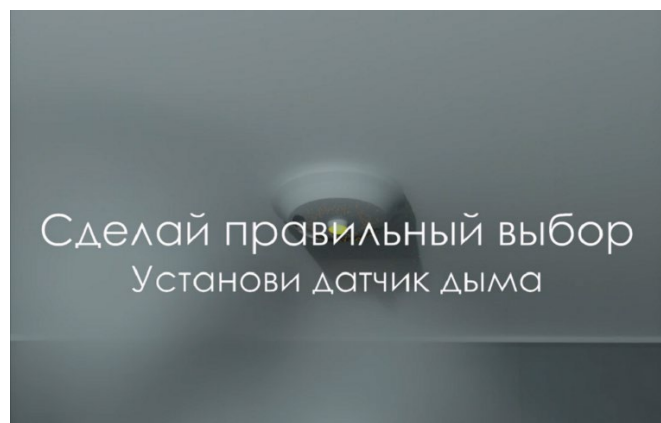


Рис. 3. Фрагмент (кадр) 3D анимации «Срабатывание датчика дыма»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Как сделать анимацию камеры в 3ds max [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://repetitor3d.ru/3dsmax/animaciya-kamery-v-3d-max>.
2. TyFlow. Сборник видеоуроков по динамике и симуляции в 3Ds Max на русском языке. CG-School [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cg-school.org/tyflow>.
3. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699.

© М. П. Мучин, Н. А. Тимофеев, 2021

РАЗРАБОТКА БАЗОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭКСКУРСИИ ПО ГОРОДУ НОВОСИБИРСК В СРЕДЕ UNREAL ENGINE

На данный момент самым распространенным видом виртуальной экскурсии является мультимедийная фотопанорама. Но постепенно на смену фотопанорамам приходят полноценные 3D экскурсии. Они позволяют во многих аспектах заменить и дополнить реальную экскурсию ее виртуальным аналогом. Трехмерные виртуальные экскурсии незаменимы при изучении утраченных исторических артефактов, удаленных, особо мелких или особо крупных объектов, а также объектов, изучение которых связано с риском для жизни и здоровья человека. Кроме того, такие экскурсии, в силу своей технологичности и информационной насыщенности, представляют интерес для всех слоев населения. В связи с этим, создание трехмерных экскурсий представляется актуальным.

Целью данного проекта является создание базовой модели для виртуальной экскурсии по городу Новосибирск в среде Unreal Engine. Результат разработки представляет собой приложение для настольных компьютеров, реализующее трехмерную сцену, которая охватывает всю территорию города и позволяет добавлять в себя новые модели объектов городской среды.

В работе было использовано программное обеспечение, предназначенное для работы с растровыми картами высот, редактор трехмерной графики Autodesk 3ds Max, а также среда разработки интерактивных приложений Unreal Engine. Для создания интерактивного взаимодействия с моделью был использован графический язык программирования Blueprint, входящий в состав Unreal Engine.

Этапы разработки приложения включают:

- обзор существующих разработок;
- создание карты высот Новосибирска в программе microdem;
- создание рельефа Новосибирска в Unreal Engine;
- реализация механики движения на языке Blueprint;
- создание меню программы;
- добавление моделей зданий на карту;
- подключение базы данных для хранения семантической информации об объектах.

На первом этапе были рассмотрены существующие аналоги данного проекта. Самым близким из них оказался проект MirCyber (рис. 1). MirCyber – это 3D карта Новосибирска. Основной проблемой данного проекта является отсутствие обновлений с 2008 г. Также недостатком является отсутствие реалистичного рельефа Новосибирска, а низкополигональные модели зданий. Из достоинств хотелось бы отметить информативность, достоверность, а также интуитивно понятное управление.

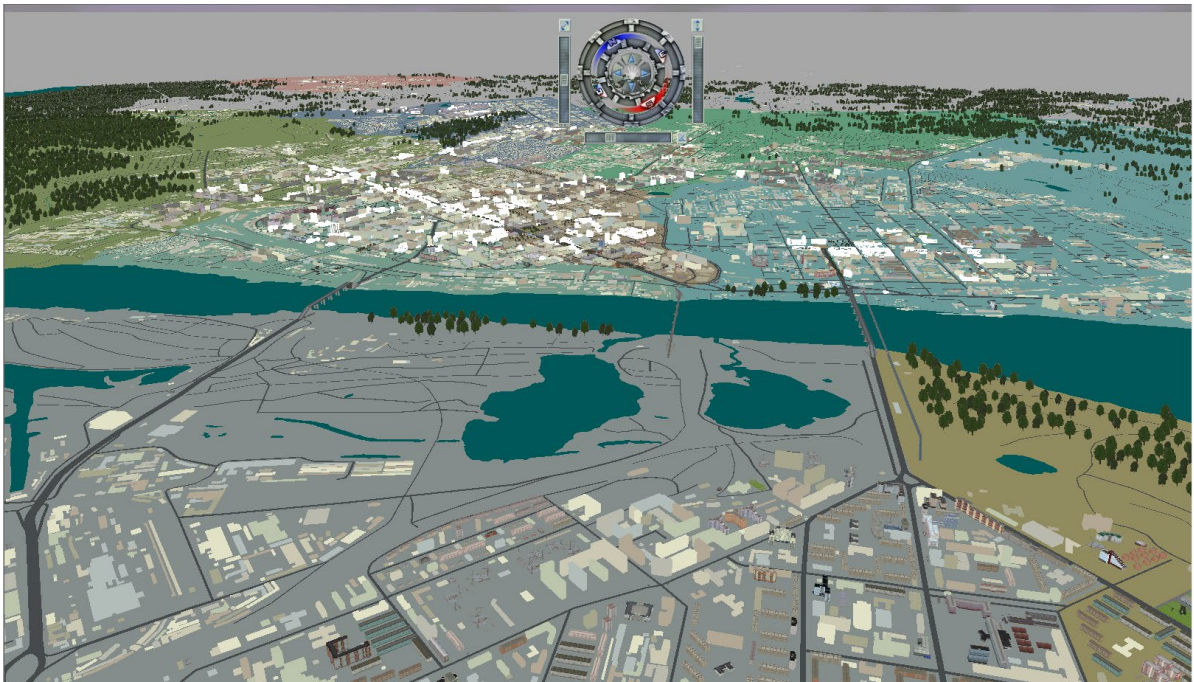


Рис. 1. Программа MirCyber

На втором этапе была подготовлена карта высот города Новосибирск для внедрения ее в проект. Для этого необходимо было взять исходные данные с сайта <http://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/> [1] и преобразовать их в программе microdem. После чего на выходе мы получили черно-белое изображение высот города (рис. 2).

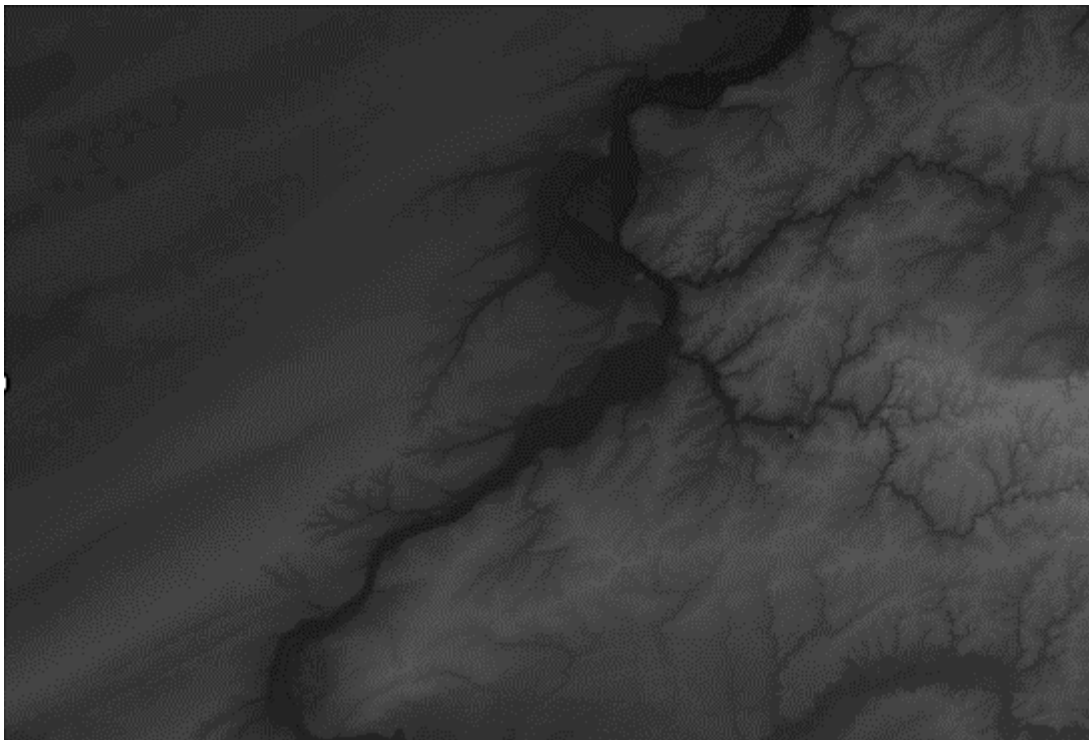


Рис. 2. Растровая карта высот

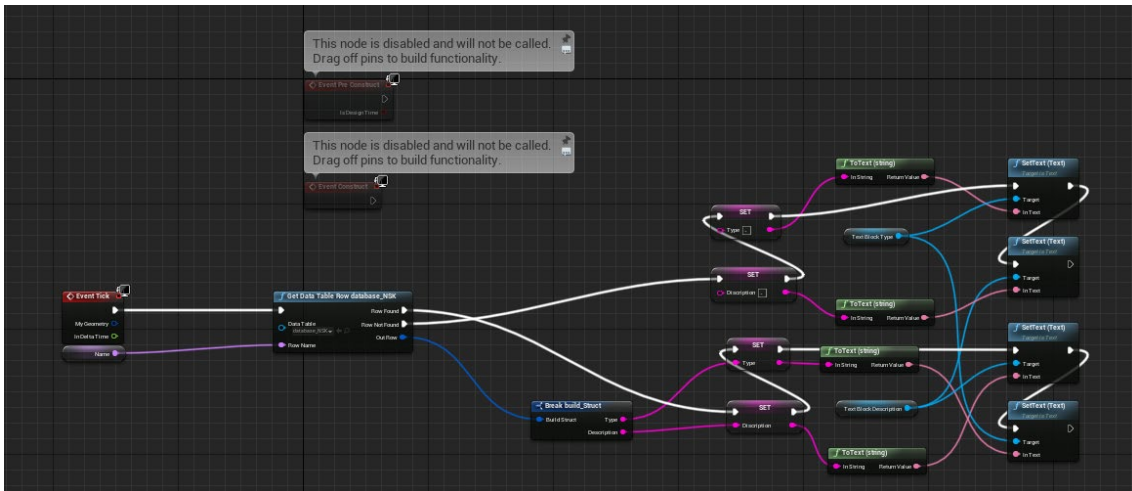


Рис. 5. Реализация пользовательского интерфейса на языке Blueprint

Открываем главное меню и добавляем элементы на виджет. После необходимо добавить элементы управления в Blueprint. Общий вид меню и его реализация на языке Blueprint показаны на рис. 6.

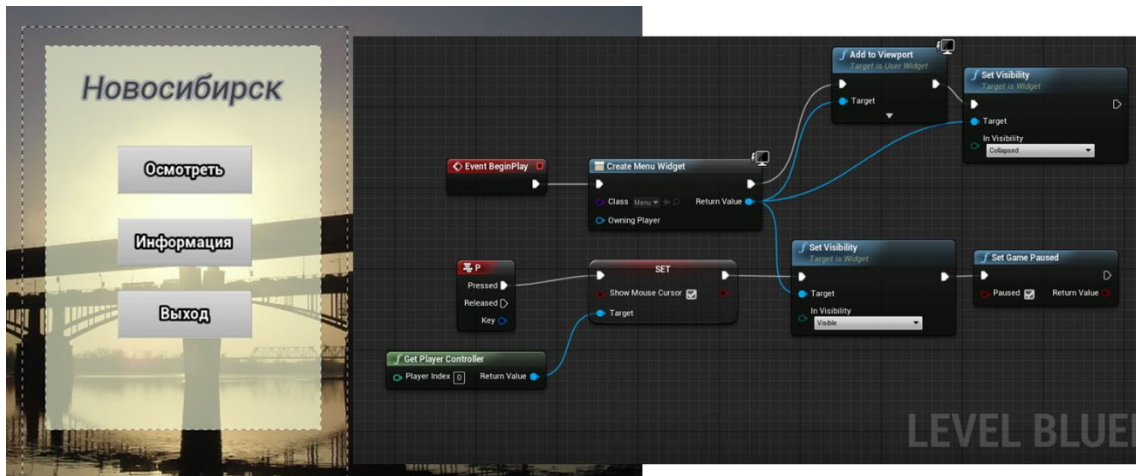


Рис. 6. Основное меню

Для создания меню паузы, также добавляем элементы и переходим в Blueprint для настройки кнопок [3]. Подключения меню паузы на уровень с картой осуществляется в Blueprint путем добавления элементов, которые позволят вызывать меню паузы нажатием на клавишу «P».

На последнем этапе на карту добавляются модели зданий, а также подключается база данных для отображения семантической информации о наблюдаемом объекте [4, 5]. При наведении курсора мыши на объект в окне появится информация о нем (рис. 7).

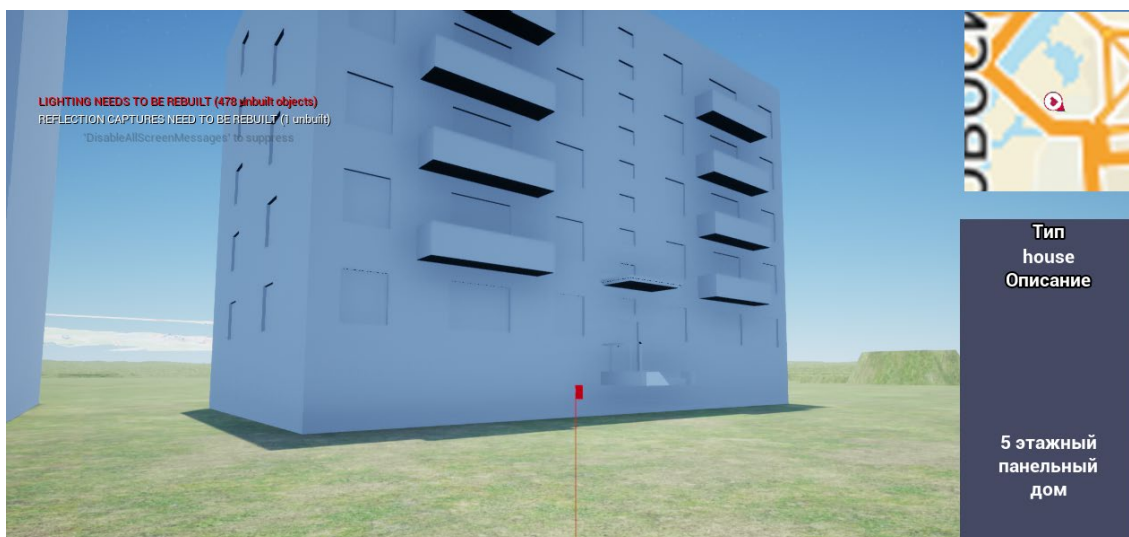


Рис. 7. Реализация интерфейса с панелью информации

Результатом работы является базовая модель, которая может быть использована в качестве основы для создания полнофункциональной виртуальной экскурсии по городу Новосибирск.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. SRTM Data [Электронный ресурс] // SRTM Data – Режим доступа : <http://srtm.csi.cgiar.org/> (дата обращения: 15.05.2020).
2. Документация по Unreal Engine [Электронный ресурс] // UEngine.Ru – Режим доступа : <https://uengine.ru/docs>
3. Как сделать простое «главное меню» для игры в Unreal Engine 4 [Электронный ресурс] // Хабр – Режим доступа : <https://habr.com/ru/post/334426/>
4. Unreal Engine 4 Blueprint Line Trace - Линейная трассировка (подробно) [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://www.youtube.com/watch?v=izTmJK_oFe4&t=278s&ab_channel=Cyberstars-Каксоздатьигру
5. Blueprint Interface // Документация по Unreal Engine – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/UserGuide/Types/Interface/index.html#:~:text=A%20Blueprint%20Interface%20is%20a,be%20added%20to%20other%20Blueprints.&text=This%20is%20essentially%20like%20the,accessed%20through%20a%20common%20interface>

© А. А. Понов, 2021

Д. Д. Салогуб

«Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Институт биомедицинских систем

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ШАРНИРНОГО МЕХАНИЗМА УНИФИЦИРОВАННОГО МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Научно-технический прогресс в современном обществе неразрывно связан с развитием робототехники. Импульсом взрывного развития робототехники послужит создание и развитие программ компьютерной графики и аддитивных технологий.

Высокий уровень сложности разрабатываемых робототехнических систем делает актуальным моделирование на всех стадиях работ, начиная с исследовательского проекта или разработки нового продукта, и заканчивая серийным производством. Применение современных методов компьютерной графики, 3D моделирования и аддитивных технологий сокращает время разработки, снижает риски, связанные с конструированием и технологическими просчетами, что значительно сокращает затраты на проектно-конструкторские работы и обеспечивает снижение вероятности выхода из строя робототехнической системы в последующей практической эксплуатации [1, 2].

Понимая, что невозможно полностью раскрыть все возможности микроэлектроники без прогресса в разработке исполнительных механизмов, была сформулирована задача создать безредукционный шарнирный механизм с тремя степенями свободы [3]. Реализация унифицированного шарнирного механизма с использованием вторичного энергоносителя на основе электромагнитного возбуждения столкнулась с отсутствием технологических возможностей [4]. Такой модуль должен обеспечивать усилия на рабочем органе, предполагающие практическое применение, будь то в конструировании протезов, специальной технике и технике бытового назначения или в возможности разработки отечественного робототехнического конструктора, что создаст предпосылки включения в процесс робототехнического конструирования бóльшего количества инженерно-технических специалистов [5].

Для теоретической оценки возможностей механизма и рациональности разработки такого технического решения использовалась программа Cinema 4D. В ней были выполнены анимации, показывающие рабочую зону манипулятора, состоящего из двух разрабатываемых шарнирных механизмов, соединённых последовательно, а также взаимодействие внутренних элементов устройства. Также были созданы первые версии чертежей, которые в последствии были выведены в STL формате для дальнейшей «нарезки на слои» и печати на 3D принтере. Эта же программа использовалась при подготовке чертежей для регистра-

ции интеллектуальной собственности с визуализацией всех составляющих конструкции. Анимация внутреннего устройства и создания чертежей обеспечивалась встроенным тегом Sketch and toon, позволяющим выделить контуры интересующих 3D-объектов, а также организовать штриховку и эффекты абсолютной прозрачности.

В процессе практической реализации был сформулирован проект создания унифицированного мехатронного модуля на базе разработанного шарнирного механизма, поддержанный Фондом Содействия Инновациям по программе УМНИК-20 (ЦЭ-1) / ЦЭ – Электроника - 2020 [6,7,8].

Поскольку Cinema 4D работает с объектами, состоящими из полигонов, при необходимости создания геометрически чётких и гладких объектов сложной конструкции, возникает проблема достаточно долгого ожидания произведения булевых операций с объектами. Наиболее часто использовалась операция вычитания. С объектами, состоящими из 1–4 миллионов полигонов, указанная операция могла производиться вплоть до 3–7-ми минут на конфигурации, включающей в себя процессор Intel Core i7-7700K, работающий на частоте 5 ГГц, 16 Гб оперативной памяти DDR4 3200 МГц и видеокарту GTX 1060. Данный аспект работы значительно усложнял процесс выполнения работ по проектированию деталей, поэтому предпочтение было отдано программе, предназначенной непосредственно для решения задач, связанных с проектированием. Кроме того, в Cinema 4D операции булевых вычитаний не во всех случаях производятся адекватно с позиции формирования полигональной сетки итогового объекта. Могут возникать искажения в тех или иных частях итогового объекта, что, в случае необходимости точного проектирования, является достаточно критическим моментом, требующим внимания и выделения немалого количества времени для коррекции. Решить проблему длительности и неточности произведения операций вычитания удалось путем портирования объектов, с которыми было необходимо произвести указанную операцию, в Blender. Практика показала, что данный 3D пакет позволяет качественнее выполнять Булевы операции.

В дальнейшем была выявлена необходимость использования при проектировании специализированного программного Solidworks 2019 SP 4.0. Работа в данной программе значительно ускорила процесс проектирования необходимых деталей. Именно с использованием данного пакета были выполнены финальные чертежи для 3D печати. В указанной системе операции вырезания одних объектов из других занимают значительно меньше времени независимо от сложности участвующих объектов, что обусловлено отсутствием необходимости обработки операций с полигонами.

Сама конструкция шарнира представляет собой три низшие сферические пары, каждая из которых самостоятельно вращается вокруг одной из трех осей под воздействием давления рабочего тела – жидкости, рис 1.

Практическая реализация осуществлялась по сборке, выполненной в программе Solidworks (рис. 2).

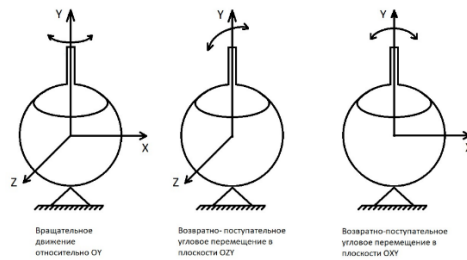


Рис. 1 Степени свободы шарнирного механизма

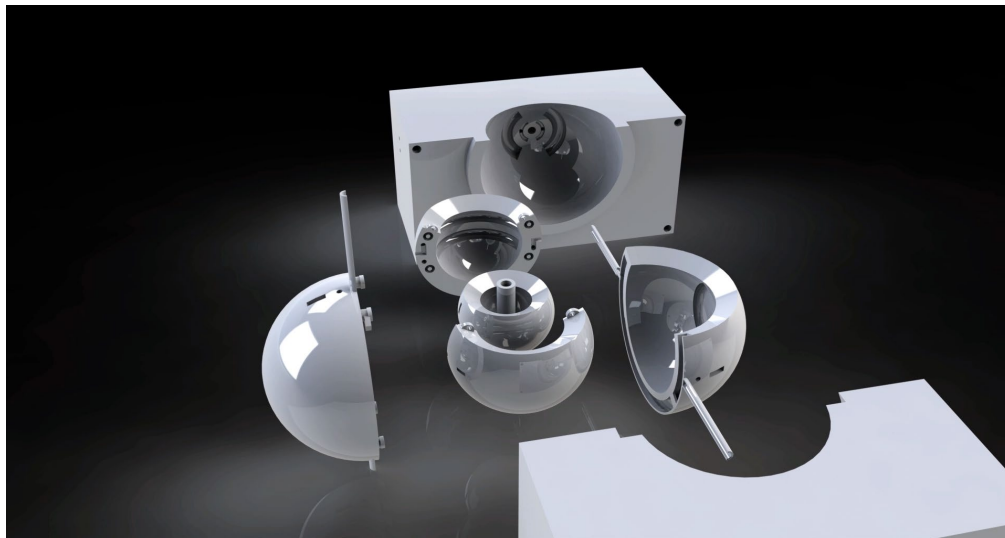


Рис. 2 Концепт сборки, Solidworks

Создаваемое устройство предполагает сопряжение по сферической поверхности звеньев с внутренними каналами. В связи с этим встал вопрос о технологических возможностях создания указанных деталей.

Предполагалась достаточность использования печати на 3D-принтере с использованием технологии FDM/FFF и SLA/DLP.

Для печати на принтере 3D quality prism mini, представляющем семейство дельта-принтеров, использовался PLA пластик. В процессе печати на данном 3D-принтере были отмечены следующие особенности:

- необходимо производство калибровки перед каждой новой печатью;
- высота конструкции и скорость перемещения печатающей головки в купе с ее массивностью создают достаточно сильные колебания принтера, что требует его тщательной фиксации с целью устранения погрешностей, вызываемых появлением указанных колебаний;
- абсолютная погрешность при печати составляет около 3–5 мм по всем осям при габаритных размерах в пределах до 100 мм. Это связано с особенностями технологии печати, например – неравномерной усадкой пластика в разных областях печатаемого объекта в процессе печати, неоднородность прогрева пла-

стика и окружающей среды, что отрицательно сказывалось на размерах слоев и адгезии между ними. Относительная погрешность при печати сферической детали составила 3–5%, что не обеспечивало необходимой точности деталей.

Печать с использованием принтера Picaso Designer X Pro (FFF/FDM), в котором сопла перемещаются только в плоскости XOY, а перемещение по оси Z осуществляется подъемом стола. Был использован пластик двух видов: PLA и PVA, – от компании REC 3D. Данный принтер имеет два сопла, используемых для печати непосредственно детали, а также необходимых поддержек, предотвращающих деформации при печати нависающих элементов. В процессе печати были выявлены проблемы с адгезией слоев, что негативно сказывалось на прочности печатаемых деталей, создавая многочисленные проблемы с печатью, вызванные сужением и расширением печатаемых площадок. В среднем, приблизительно на отметке в 50–70 % прогресса происходили сильные деформации такие, что дальнейшая печать была невозможна. При анализе напечатанных деталей было выявлено, что относительные погрешности составляли 2–4 % для сферических деталей диаметром в 100 мм, что не удовлетворяло необходимым требованиям к точности исполнения деталей. Наблюдалась плохая адгезия слоев, из-за чего детали получались недостаточно прочными и не обеспечивали герметичности стенок каналов и конструкции изделия.

К общим недостаткам печати с использованием технологий FFF/FDM относятся:

- неравномерное охлаждение и укладка элементов детали при печати, что не позволяло адекватно предсказывать их с целью введения корректировок в чертежи;

- печать с использованием данной технологии крайне длительна, до 5–7 суток, что повышает риски перебоев печати при невозможности продолжения печати после устранения причин сбоя;

- много нюансов, связанных с обеспечением адгезии детали к столику;

- точность исполнения деталей неудовлетворительна, если требуется изготавливать детали с абсолютными погрешностями в районе 0,05–0,5 мм.

Была выявлена необходимость смены технологии печати. Предпочтение было отдано технологии SLA/DLP, и, в частности, фотополимерному 3D принтеру Anycubic Photon MONO X.

Данная технология позволила исполнить те же детали с абсолютными погрешностями в 0,1–0,3 мм независимо от размеров детали. Важно отметить, что в данном случае погрешности являются постоянными для каждого слоя печати. Они обусловлены нестабильностью стойки столика, создающей погрешность по осям X-Y, а также разбиением детали на пиксели. Но эти погрешности поддавались программной корректировке. Данный способ обеспечивает достижение допустимой для лабораторных исследований, но недостаточной для макетного образца, точности деталей при печати с постоянным составом полимера, постоянными зазорами, толщинами защитных пленок, состоянием источников УФ излучения для всей совокупности деталей изделия, что позволило осуществить печать деталей и сборку макета, и на практике подтвердить работоспособность из-

деля, рис. 3. Однако в процессе экспериментального исследования мы столкнулись с недостаточностью точности изготовления деталей с точки зрения герметичности. Поэтому на данном этапе планируется рассмотреть возможность изготовления деталей по технологии SLM.



Рис.3 Практическая реализация шарнира для лабораторных исследований

Однако в любом случае следует ориентироваться на механическую пост-печатную обработку изделий для достижения точности изготовления, обеспечивающую молекулярную герметизацию сопряжения сферических поверхностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бжихатлов И.А. Моделирование робототехнических систем в программе V-REP. Учебно-Методическое пособие. –СПб: Университет ИТМО, 2018. – 59с. URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2351.pdf> (дата обращения 23.02.2021г.);
2. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. С884 Основы робототехники: учебное пособие. —Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. — 160 с. ISBN 978-5-94301-769-8 URL: <https://repo.nspu.ru/bitstream/nspu/3630/1/osnovy-robototehniki-uchebnoe-po.pdf> (дата обращения 20.02.2021г.);
3. Жавнер В.Л. Мехатронные системы: учеб. пособие /В. Л.Жавнер, А. Б. Смирнов. СПб.:Изд-во Политехн. ун-та, 2011. –131с. Ил. 87. Библиогр.: 11 назв.;
4. SALOGUB Dmitrii, Mecanism articulat al manipulatorului, INVENȚII 4619, B1,MD - VOPI 2/2019.;
5. Д.Д.Салогуб Исследование унифицированного шарнирного механизма мехатронного модуля для конструирования робототехнических систем, стр. 228. Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Образование в военно-инженерном деле: теория и практика» Часть II. – Тюмень: ТВВИКУ, 2020. – 752 с.
6. Д. Д. Салогуб, М. С. Сарыгин Проектирование унифицированного мехатронного модуля на базе шарнирного механизма для конструирования робототехнических систе, стр. 83, Актуаль-

ные проблемы информатизации в цифровой экономике и научных исследованиях. Международная научно-практическая конференция: тезисы докладов. – М.: МИЭТ, 2019.-112с.;

7. Д. Д. Салогуб, М. С. Сарыгин Исследование рабочей зоны унифицированного шарнирного механизма, интегрированного с двигателями, обеспечивающими не менее трех степеней свободы 27-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика - 2020»;

8. Д.Д.Салогуб Разработка шарнирного механизма манипулятора, интегрированного с двигателями, обладающего не менее, чем тремя степенями свободы для использования в унифицированных мехатронных модулях, применяемых при конструировании антропоморфных и других робототехнических систем. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020» [Электронный ресурс]– Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/index.htm , свободный.

© Д. Д. Салогуб, 2021

А. О. Смирнова, Д. О. Дрыга

Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)

ПОЛУЧЕНИЕ ФОТОРЕАЛИСТИЧНЫХ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДСКИХ СКУЛЬПТУР И ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ С ПОМОЩЬЮ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ни для кого не секрет, что перспективная на сегодняшний день технология фотограмметрической съемки позволяет как можно точно, относительно бюджетно и быстро создать его цифровую копию. Применение таких цифровых моделей внедрилось практически в каждую отрасль человеческой деятельности, не говоря уже о трехмерных библиотеках различных музейных экспонатов и объектов культурного наследия (ОКН), причем с использованием средств визуализации в режиме реального времени [1].

Примером такого перспективного на сегодняшний день проекта является проект “3D-модель Москвы”, выполняемый организацией ГБУ «Мосгоргеотрест».

Так как современные методы визуализации в режиме реального времени подразумевают преобразование трехмерной сцены в двумерное изображение, для увеличения производительности и количества отображаемых кадров в секунду (fps) рекомендуется использование оптимизированных 3D-моделей с физически корректным набором материалов. Использование одной лишь фотограмметрической съемки и обработки недостаточно, ведь такая 3D-модель имеет большой размер файла и с точки зрения 3D-моделирования могут иметь ошибки топологии.

Данная статья кратко описывает все этапы необходимые для создания оптимизированных цифровых моделей памятников, имеющих малую форму высотой до 4 метров, получаемых с помощью технологий наземной фотограмметрической съемки.

1. Этапы проведения работ по созданию трехмерных моделей.
2. Анализ особенностей объекта (влияет на выбор съемочного оборудования и метода проведения съемки).
3. Расчет необходимых параметров съемки.
4. Учет условий освещения (съемка проводится в пасмурную погоду [2, 3]).
5. Подготовка съемочного оборудования и настройка цифровой фотокамеры (ЦФК).
6. Выполнение съемки.

В процессе исследования были выделены группы скульптур, выделенные по масштабу и сложности форм). Для создания цифровых моделей объектов высотой не более 4 метров используется наземная фотограмметрическая съемка, схема которой представлена на рис. 1. Часто на практике проводя съемку объектов, имеющих сложную форму, может использоваться комбинация различных случаев съемки (нормальный, конвергентный)[4].

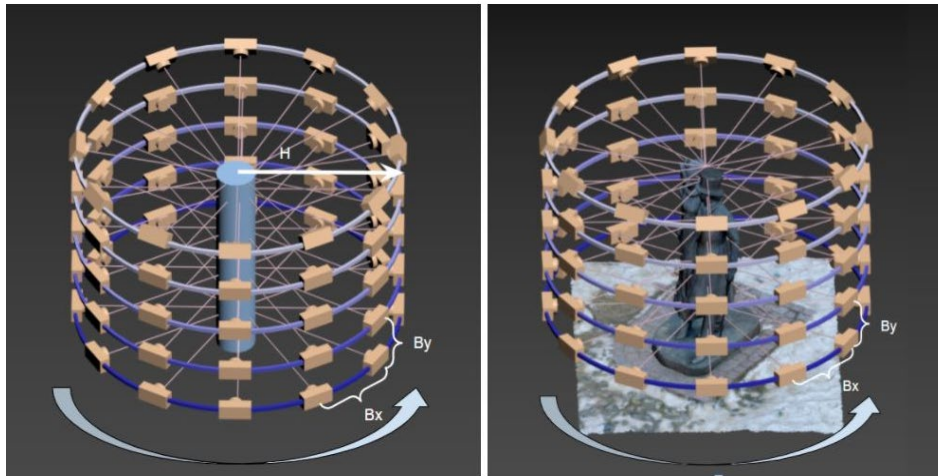


Рис.1. Схема проведения съемки для объекта идеальной формы и для объекта простой формы

Учитывая, что объекты имеют сложную форму, чтобы соблюсти одинаковое расстояние от каждой точки объекта съемки до фотокамеры необходимо вести съемку по условной траектории (рис. 2), выдерживая расстояния с помощью лазерной рулетки.

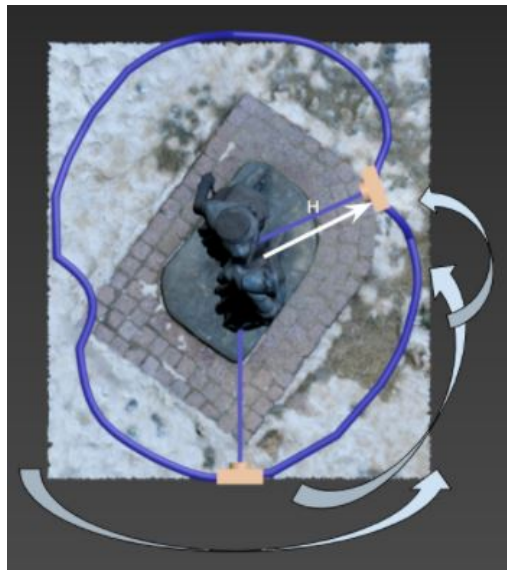


Рис. 2. Условная траектория съемки объекта сложной формы

Расстояние от объекта съемки до камеры, подбирается исходя из желаемого значения размера проекции пикселя на объект (в англоязычной литературе GSD ground sample distance) по следующему отношению:

$$\frac{H}{f} = \frac{GSD}{\Delta}$$

где H – расстояние от объекта съемки до камеры, f – фокусное расстояние объектива, Δ – физический размер пикселя матрицы.

Значение GSD было выбрано исходя из возможностей визуального восприятия человеческого глаза и составляет 0,2 мм [5]. Также проводится расчет базисов фотографирования[4] и расчет передней и задней границы ГРИП для выставления оптимального диафрагменного числа.

Настройка цифровой фотокамеры включает:

- фиксацию фокусного расстояния (f);
- установку минимального значения светочувствительности ($ISO = 100$);
- закрытие диафрагмы, для получения максимальных значений глубины резко изображаемого пространства (ГРИП);
- подбор значения выдержки для получения нормально экспонированного изображения[6].

После выполнения фотограмметрической съемки следует обработка, причем технология обработки является универсальной и подходит для моделей, созданных методами наземной или аэрофотосъемки.

Цветокоррекция. Настройка цветового баланса снимков. Процесс выполняется инструментом «Синхронизация», который обеспечит согласованность цветового баланса всех изображений в программном обеспечении (ПО) Adobe Lightroom. Не допускается предварительно изменять размер или геометрию кадров.

Фотограмметрическая обработка. Создание высокополигональной (high-poly) текстурированной модели. На примере создания трехмерной модели памятника Кириллу и Мефодию (высота памятника составляет 7 метров) можно отметить, что проводя съемку только с земли, на получаемой фотограмметрической трехмерной модели будут иметься различные артефакты, связанные с нехваткой снимков сверху. Но так как проведение аэрофотосъемочных работ на территории г.Москвы запрещены, а модель создавалась только для визуализации, было выполнено два основных маршрута съемки, где дальний ракурс обеспечил получение снимков всего объекта. Рис. 3 демонстрирует этап уравнивания снимков и получение разреженного облака точек в ПО Agisoft Metashape.

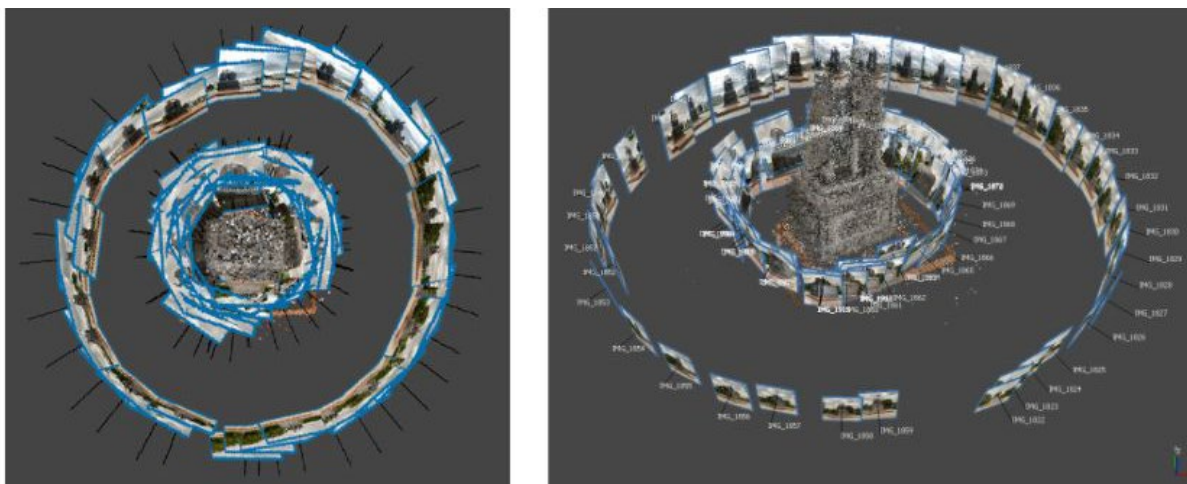


Рис.3. Создание высокополигональной 3D-модели памятника Кириллу и Мефодию в ПО Agisoft Metashape

Ретопология, оптимизация и создание низкополигональной (lowpoly) модели. Данный процесс осуществляется в ПО Zbrush, при этом происходит перестроение сетки до квадранционной и уменьшение количества полигонов. На этом этапе возможно исправление ошибок геометрии модели. Пример преобразования на рис. 4.



Рис. 4. Представление высокополигональной и низкополигональной сетки 3D-модели памятника Кириллу и Мефодию

Создание UV-развертки и получение текстурных карт. Так как авторазвертка, созданная в фотограмметрическом ПО имеет хаотичную форму и в дальнейшем вызывает сложности на этапе редактирования и “запекания текстурных карт необходимо создать новую UV-развертку, предварительно разбив низкополигональную 3D-модель на группы. “Текстурные карты” будут создаваться на основе цвета и геометрии высокополигональной модели и накладываться на готовую низкополигональную модель, передавая информацию о рельефе поверхности и отражательных способностях. Работа выполняется в ПО Substance Painter. В нем задается необходимое количество текстурных карт, как например на рис. 5.

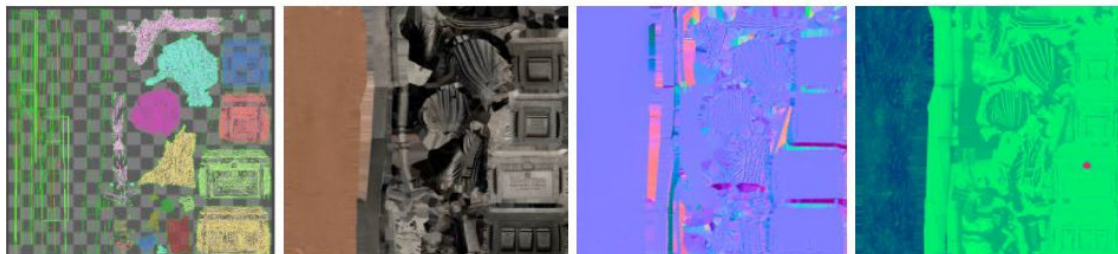


Рис. 5. UV – развертка и представление текстур, передающих рельеф и отражательные способности материала объекта – памятник Кириллу и Мефодию

Визуализация полученных материалов. Полученная трехмерная модель может быть экспортирована в общедоступных форматах для дальнейшей загрузки в WEB или в игровые движки. Пример визуализации скульптур, созданных по предложенной методике представлен на рис. 6,7.



Рис. 6. Пример визуализация 3D-модели памятника Юрию Никулину, созданной по предложенной методике

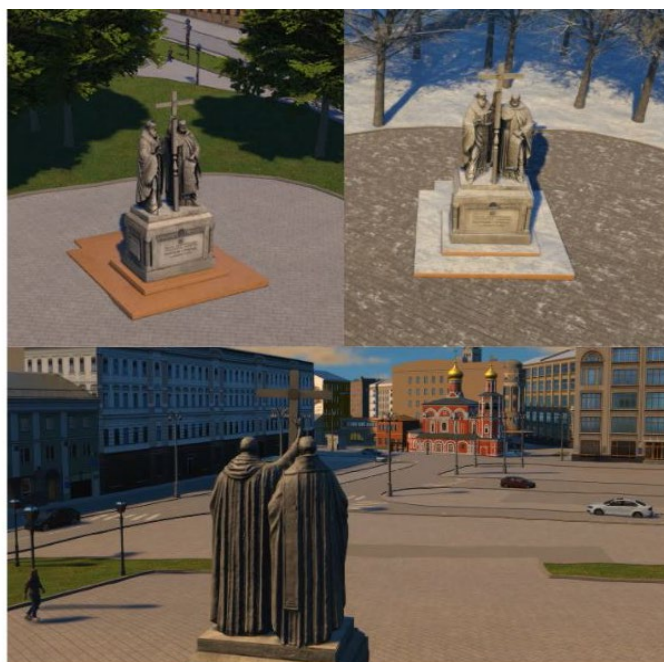


Рис. 7. Реализация использования на примере проекта “3D-модель Москвы” ГБУ “Мосгоргеотрест” при решении задачи визуализации объекта в городской среде

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.А. Кривопутская, Научный руководитель – Т.И. Черный. Виртуальные репродукции исторических объектов средствами 3D-моделирования. Белгородский государственный институт искусств и культуры. 2019 год.
2. Учебное пособие: Environment PBR Texture creation with Photogrammetry - R&D/ Grzegorz Baran. 2018. Photogrammetry Workflow / Author: Sébastien Lachambre, Sébastien

Lagarde, Cyril Jover, Developer - Rendering Research Date: 2017-06-23/ [Electronic resource] - Режим доступа https://unity3d.com/files/solutions/photogrammetry/Unity-Photogrammetry-Workflow_2017-07_v2.pdf.

3. Фотограмметрия: Учебник для вузов / Под общ. ред. А.Г. Чибуничева. –М.: Изд-во МИИГАиК, 2016. – 294 с.: ил.

4. Разрешающая способность и острота зрения / Автор: Leksii.org / 2016-12-05. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <https://leksii.org/12-35873.html/> .

5. Севастьянова М.Н. Практикум по АКС часть 1 для студентов ГИДЗ курс 2.

© А. О. Смирнова, Д. О. Дрыга, 2021

Н. А. Тимофеев

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ)

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ДИЗАЙНА РОБОТА, СОЗДАНИЕ ЕГО ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ И АНИМАЦИОННОГО ВИДЕОРОЛИКА

3Ds Max – профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации, созданное и разработанное для игр и дизайна. Пользуется художниками и профессионалами в области визуальных эффектов, разработчиками и дизайнерами. Программное обеспечение необходимо для проектирования зданий, инфраструктуры и строительства, разработки продуктов и планирования производства.

В данной работе разработаны концепты роботизированных персонажей, созданы их трехмерные модели с использованием программ ZBrush 2020 и 3Ds Max 2020, создан и визуализирован анимационный видеоролик с их участием. Концепты роботов и референсы составляющих деталей спроектированы с использованием программы Adobe Photoshop посредством графического планшета. На этом этапе разработаны основные решения для анимируемых элементов, все неподвижные друг относительно друга группы объектов объединены в отдельные блоки. Указаны ориентировочные цветовые схемы (рис 1, 2).

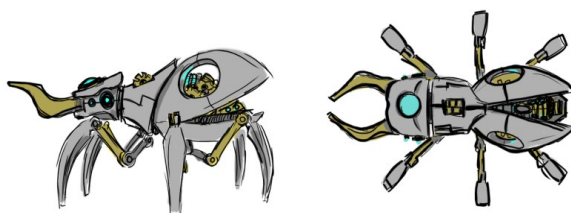


Рис. 1. Концепт модели роботизированного насекомого

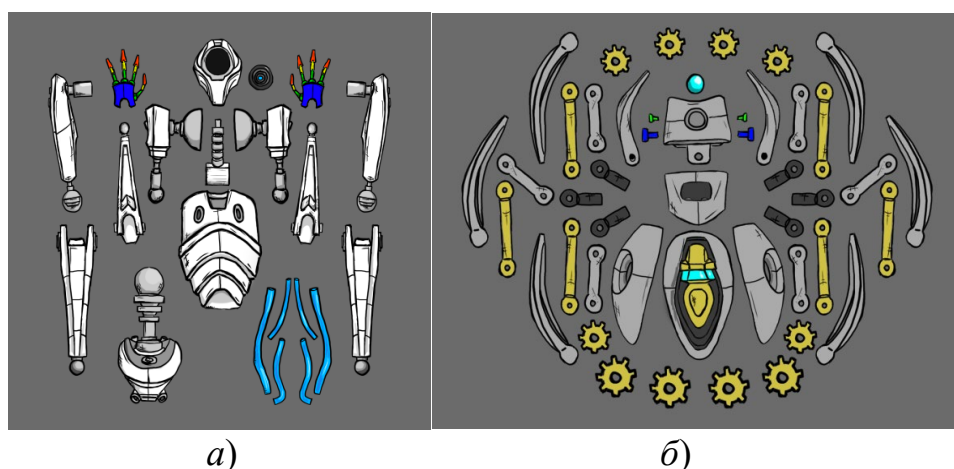


Рис. 2. Референс объектов моделей основных персонажей сцены:
а) гуманоидного робота; б) роботизированного насекомого

Гуманоидный робот

Основные формы крупных элементов корпуса созданы путем моделирования с использованием технологии скульптинга в программном обеспечении Zbrush 2020 на основе примитива сферы. Для формирования объектов применена кисть передвижения (Move), кистью жесткой полировки (HPolish) заданы ребра жесткости, для сглаживания использована кисть с соответствующим названием (Smooth). Полученные объекты импортированы в 3Ds Max 2020, для каждого проведена ретопология (создание новой правильной полигональной сетки) с применением инструментов пошагового построения (StepBuild). Для симметрии полигонов использован одноименный модификатор (Symmetry).

Корпус каждой конечности робота, ступни и кисти созданы на основе примитива куб (Box) с использованием модификатора редактирования полигонов (EditPoly). Сенсор робота, шарниры суставов и дополнительные элементы созданы на основе примитивов цилиндра (Cylinder) и сферы (Sphere) (рис. 3).

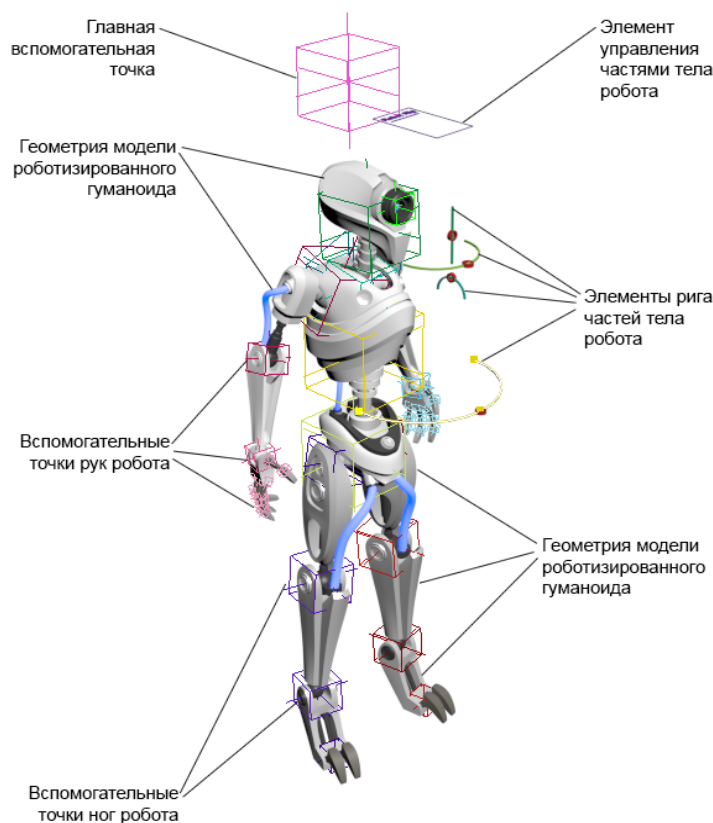


Рис. 3. Модель роботизированного гуманоида в режиме отображения геометрии, скелета, рига и элементов управления

Объекты головы и конечностей созданы на основе сплайна окружность (Circle) с использованием модификатора редактирования сплайнов (EditSpline). Для каждого из полученных объектов создан отдельный элемент, которому установлена зависимость пути от объектов посредством одноименного контроллера (Path-

Constraint). Объектам вспомогательных точек (Point) через привязку параметров (WireParameters) задана зависимость поворота по осям от добавленных элементов:

1) для объекта головы: зависимость по оси X (X Rotation) со значением $Percent/pi * 1.7$, по оси Z (Z Rotation) $Percent*pi - pi/2$, где Percent - процент прохождения пути элементами “Robot_Head_Rig_1_2” и “Robot_Head_Rig_2_2” соответственно.

2) для объекта наклона шеи: зависимость по оси X (X Rotation) со значением $Percent*pi/2 - 1$, где Percent - процент прохождения пути элементом “Robot_Body_Rig_1”.

3) для объекта тела: зависимость по оси X (X Rotation) со значением $Percent*pi - pi/2$, где Percent - процент прохождения пути элементом “Robot_Body_Rig_2”.

Роботизированное насекомое

Основные формы крупных элементов корпуса и рога жука созданы путем моделирования с использованием технологии скульптинга в программном обеспечении Zbrush 2020 на основе примитива сферы. Для формирования объектов применена кисть передвижения (Move), кистью жесткой полировки (HPolish) заданы ребра жесткости, для сглаживания использована кисть с соответствующим названием (Smooth).

Полученные объекты импортированы в 3Ds Max 2020, для каждого проведена ретопология (создание новой правильной полигональной сетки) с применением инструментов пошагового построения (StepBuild). Все фаланги лап робота, сенсоры и шестеренки внутренних механизмов созданы на основе примитива цилиндра (Cylinder) с использованием модификатора редактирования полигонов (EditPoly).

Для двух симметричных групп внутренних шестеренок созданы отдельные вспомогательные элементы (Point). Движение механизма задано вращением вспомогательной точки крупной шестерни. Через привязку параметров (WireParameters) точкам вторых по счету шестеренкам задана зависимость от вращения первых по оси Y (Y Rotation): $-Y_Rotation*2$, где Rotation - значение поворота вспомогательной точки крупной шестерни. Третьей вспомогательной точке задана зависимость от поворота второй аналогичным способом (без умножения коэффициента на 2) (рис. 4).

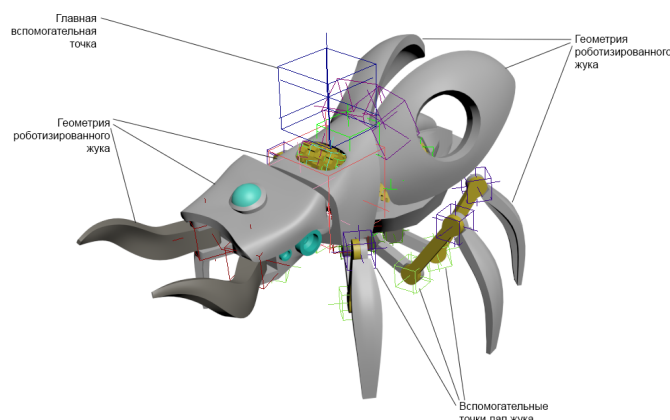


Рис. 4. Модель роботизированного жука в режиме отображения геометрии, скелета, рига и элементов управления

Анимация лап выполнена с опорой на видеореференсы передвижения настоящих насекомых. Лапы разделены на 2 основные группы, каждой задан определенный темп движения. Для анимации использованы вспомогательные точки первого и второго сустава лапы - для передвижения и подъема соответственно.

Анимация сцены визуализирована в программном обеспечении 3Ds Max версии 2020 года с помощью визуализатора Arnold. Все материалы созданы в соответствии с визуализатором. Сравнение кадра в окне порта отображения (Viewport) с его конечной визуализацией продемонстрировано на рис. 5.

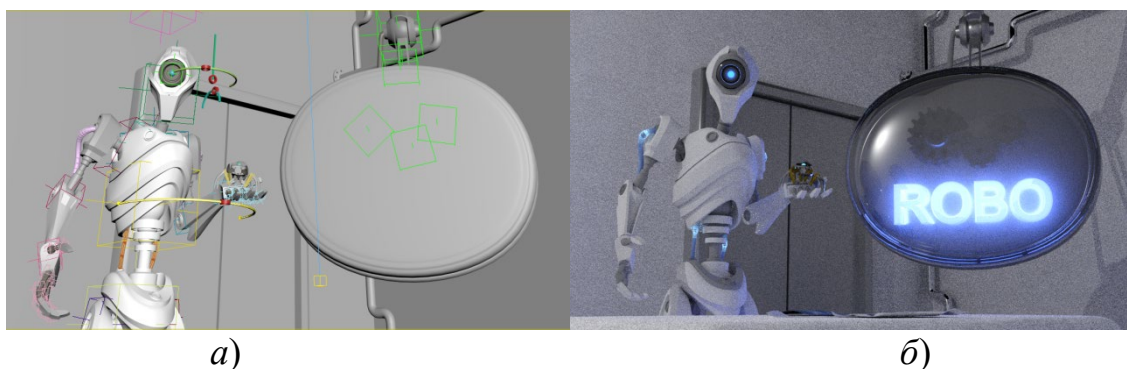


Рис. 5. Кадр анимации 663:

а) в режиме окна порта отображения (Viewport); б) после визуализации

Параметры: разрешение 1280x720 (формат 16x9 - самый распространенный в мире), тип визуализации - производственная (ProductionRenderingMode) с настройками: камера (Camera AA) = 2, рассеивание (Diffuse) = 2, отражения (Specular) = 2, пропускание (Transmission) = 2, подповерхностное рассеивание (SSS) = 2, косвенный объем (VolumeIndirect) = 5. Значение итогового лимита лучей (RayLimitTotal) = 10.

Визуализация частиц пыли роботизированного насекомого выполнена отдельно от остальных объектов сцены с целью повышения производительности. Каждая полученная секвенция кадров добавлена в программное обеспечение MovieStudioPlatinum 13, проведена сборка, файлы сохранены в формате .mp4 с разрешением 1280x720. Полученный видеоролик в программу DaVinciResolve. Видеофрагменты с частицами пыли добавлены в проект, кадры роликов сопоставлены (рис. 6).

Финальная сборка проведена в DaVinciResolve: ролик с корректировкой цветов добавлен в окно визуализации, установлены настройки разрешения (1280x720), количества кадров (30), выбран формат видео (.mp4), проведена визуализация.

В ходе данной работы разработан рекламный ролик компании в области робототехники. Пройдены все этапы создания трехмерной модели робота с участием в анимационном ролике посредством программного обеспечения 3Ds Max версии 2020 года. Использовано дополнительное ПО: Zbrush – для моделирова-

ния высокополигональных моделей с технологией скульптинга, DaVinciResolve – для цветокоррекции и финальной сборки видеоролика.



а)

б)

Рис. 6. Кадр анимации:

а) без обработки; б) после цветокоррекции

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Создание 3D-анимации и видеороликов. Shon.su [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.shon.su/3dcreate> (Дата обращения 20.12.2020)
2. Работа с модулем ParticleFlow. 3D.demiart.ru [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://autocad-specialist.ru/uroki-3ds-max/5-modifikatorov-menyayushchie-kolichestvo-poligonov-3ds-max.html> (Дата обращения 15.01.2021)
3. 5 модификаторов, меняющих количество полигонов в 3Ds Max. AMS3 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://autocad-specialist.ru/uroki-3ds-max/5-modifikatorov-menyayushchie-kolichestvo-poligonov-3ds-max.html> (Дата обращения 18.01.2021)
4. TyFlow. Сборник видеоуроков по динамике и симуляции в 3Ds Max на русском языке. CG-School [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cg-school.org/tyflow/> (Дата обращения 20.01.2021)

© Н. А. Тимофеев, 2021

Ю. И. Чусовитина

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СОЗДАНИИ СЛОЖНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ REVIT

В современном мире постоянно создаются и обновляются программы, позволяющие моделировать различные объекты в архитектуре. Основной задачей перед студентами, как будущими инженерами, является совершенствование своих навыков по проектированию и поиску наиболее эффективных способов создания моделей. Освоение специалистами технологий информационного моделирования еще на стадии обучения в вузе является важнейшей задачей, что подтверждается многими специалистами.

Данная работа выполнялась в рамках проекта по исследованию эффективности присвоения новых знаний и навыков студентами второго курса через самостоятельный поиск способов информационного моделирования концептуально сложных проектов. Проект этот курирует кафедра "Графика" Сибирского государственного университета путей сообщения. Исследование еще не закончено, но уже можно с уверенностью утверждать, что подход весьма эффективен [4, 5]. Примеры моделей, выполненных в рамках этого проекта представлены в публикациях и выступлениях наших студентов на различных конференциях и конкурсах.

В данной работе учебным объектом для моделирования являлась внешняя архитектурная оболочка Пекинского национального стадиона «Птичье гнездо». Задача состояла в том, чтобы самостоятельно изучить инструменты программного комплекса Revit и найти наиболее эффективный вариант воссоздания модели оболочки в 3D пространстве (рис. 1).

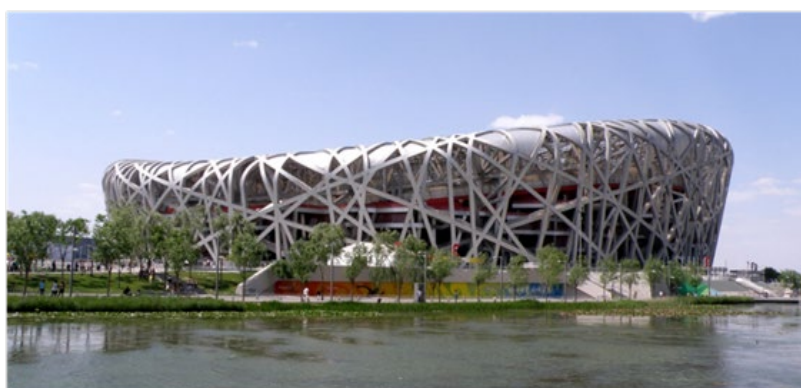


Рис. 1. Пекинский национальный стадион

На первом этапе проводился анализ конструктивных особенностей объекта моделирования. Стадион «Птичье гнездо» построен в Пекине в 2008 году. Архи-

текторы: Жак Херцог и Пьер де Мерон (Швейцария), Ли Синган (Китай) и другие. Стоимость строительства – 325 млн. евро. Осевые размеры 333*294*68,5 м. Площадь сооружения 250000 м². Глубина свай для фундамента до 35 метров. На фундаменте построена бетонная «чаша» (с трибунами) из 14700 сборных бетонных плит. Такая форма выбрана для того, чтобы сделать конструкцию устойчивой к землетрясениям. По периметру стадиона расположены 24 колонны (каждая весом 1000 тонн), между которыми переплетаются разной формы изогнутые металлические балки, образующие «птичье гнездо».

Основная несущая способность обеспечивается за счет ферм, проходящих по касательной к кольцевой балке опоясывающей отверстие высотой 12 м. Стальная конструкция крыши и фасада, состоит из сваренных отдельных элементов, которые образуют единый объект; подвижные соединения есть только между стальными и бетонными элементами. Для строительства стадиона была создана специальная легкая, но в то же время прочная чистая сталь, которая, к сожалению, обладает низкой чувствительностью к сварке.

Крыша сложной геометрической формы симметрична по двум плоскостям среза в центральных осях стадиона. Основная несущая рама имеет расчетную массу, равную 45000 тонн.

Изучив различные способы формообразования в компьютерной графике, были определены два основных способа создания общей формы конструкции: с помощью сетчатой поверхности сдвига и с помощью каркасной поверхности с эллиптическими направляющими. Оба способа были экспериментально апробированы. Для каждого из них разработана своя последовательность операций.

Первый способ.

1. Создание нового семейства в стандартном шаблоне REVIT – «Адаптивная типовая модель». Исходя из работ схожей тематики, было определено, что для конструирования объемных металлических балок – «веток», необходимо создать как минимум два адаптивных элемента: ветку с прямоугольным поперечным сечением на направляющем сплайне с тремя управляющими вершинами; и ветку с прямоугольным поперечным сечением на направляющем сплайне с пятью управляющими вершинами (рис. 2). Эти вершины будут в узлах сети или на каркасе конструкции. Размеры балок сделаны параметрическими (т.е. созданы несколько параметров, управляющих геометрией ветки) для изменения их формы и размеров без редактирования или перестроения исходных адаптивных элементов, не нарушая целостности конструкции.

2. Конструирование 3D-поверхности в шаблоне «Метрическая система, типовая модель» инструментом – «по сечениям». В качестве базовых сечений использовались эллиптические кривые в основании, в верхней части и в отверстии. Поверхность преобразована в сеть с определенным количеством линий в направлениях U и V. Узлы этой сети являются опорными точками для прикрепления управляющих вершин адаптивных элементов (веток) (рис. 2).

3. На последнем этапе размещение веток хаотичным образом по форме. Отдельные сегменты не прикреплялись к опорным узлам сетки объемной формы. Возникла ошибка построения веток, связанная с возникновением сингулярной

геометрии при неконтролируемом изгибе. Поперечные сечения выравнивались не в той системе координат. Все эти сложности были преодолимыми, но решение проблем занимало слишком много времени.

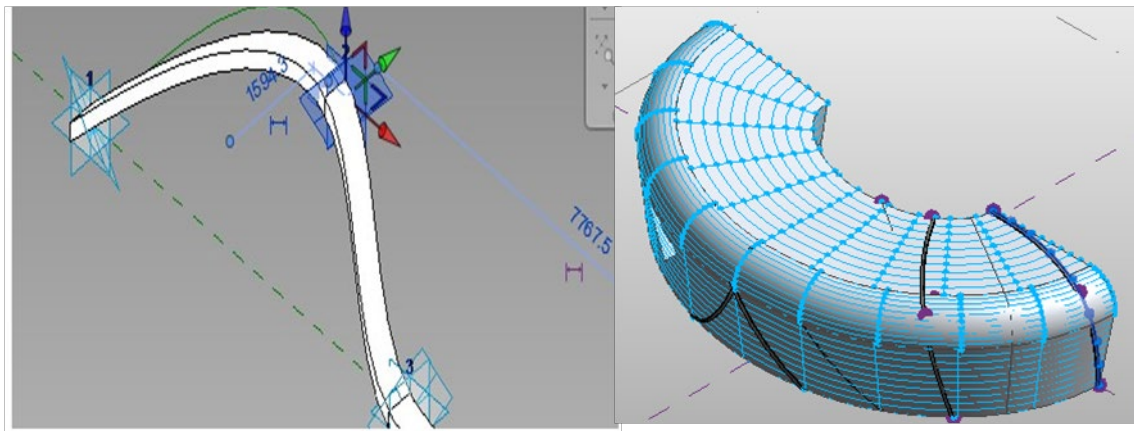


Рис. 2. Адаптивный компонент и сетчатая поверхность

Создание несколько высотных уровней и вспомогательной наклонной рабочей плоскости в шаблоне «Концептуальный формообразующий элемент». В каждом из уровней размещаются эллипсы, формирующие базовый каркас объекта (рис. 3). Размеры эллипсов приблизительно соответствуют истинным значениям. Эти фигуры служат основанием стадиона, верхней поверхностью (в данном проекте она наклонная) и промежуточной между основанием и крышей.

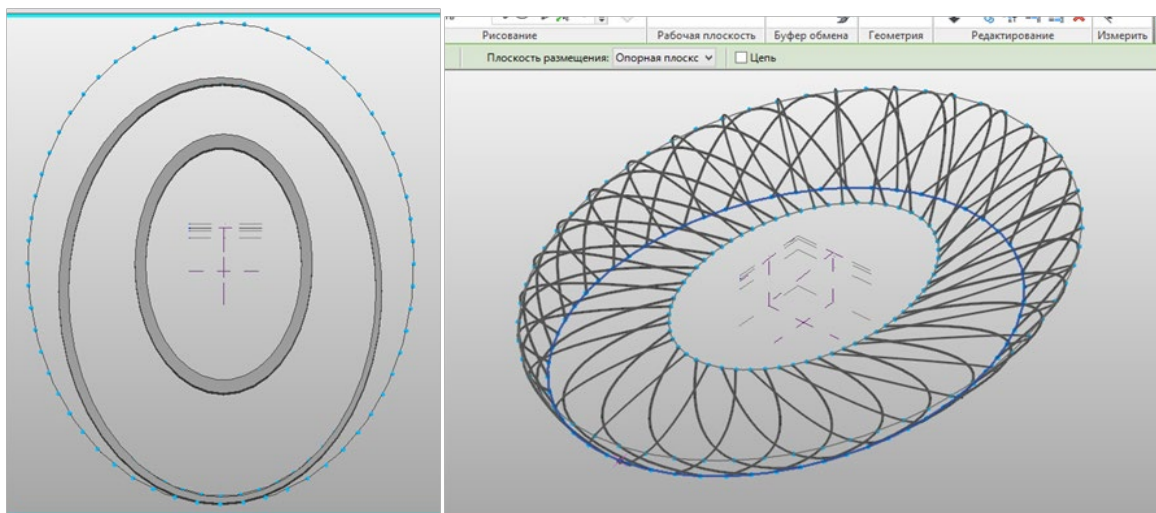


Рис. 3. Каркас формообразующего элемента и результат прикрепления адаптивных компонентов

4. Размещение адаптивных компонентов с тремя управляющими вершинами по периметру гнезда, присоединение которых было как упорядоченно, так

и хаотично, что позволило воссоздать внешний визуальный образ Пекинского стадиона. Балки с пятью опорными точками расположены так же, как и в реальном объекте – по касательной к внутреннему меньшему эллипсу, пересекая весь периметр.

5. Добавление эллиптической балки в верхней части конструкции и цокольной части в основании для полноты восприятия модели. Эти два твердотельных элемента позволили скрыть неровные концы веток, возникающие в ходе конструирования.

Результат моделирования представлен на рис. 4.

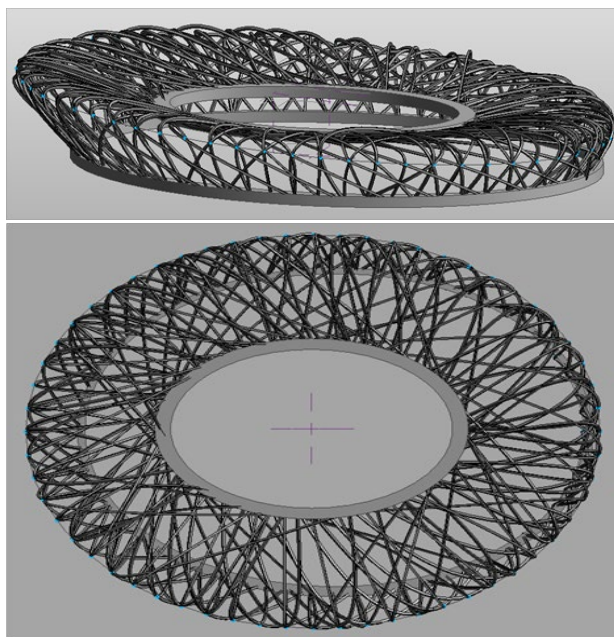


Рис. 4. Итоговая модель оболочки стадиона «Птичье гнездо»

В результате исследования были рассмотрены различные способы моделирования Пекинского стадиона и выбран наиболее простой и эффективный метод построения сложной геометрической формы, отработана методика ее конструирования, описаны процедуры, подобраны наиболее подходящие параметры.

На данном этапе исследования была рассмотрена только оболочка сложной строительной конструкции; следующей задачей будет изучение проектирования несущей части и других составляющих сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петухова А. В. BIM в области промышленного и гражданского строительства и новые перспективы инженерно-графической подготовки студентов вузов // В сборнике: Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы. сборник трудов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 120-123.

2. Шувалова С. С., Петухова А. В. Влияние технологий информационного моделирования на развитие системы инженерно-графической подготовки // В сборнике: BIM-моделиро-

вание в задачах строительства и архитектуры. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2020. С. 379-385. DOI: 10.23968/ВІМАС.2020.049

3. Болбат О.Б., Петухова А.В. Информационное моделирование как приоритетное направление развития системы подготовки специалистов строительного профиля // В сборнике: Резервы совершенствования профессионального образования в вузе. Материалы международной научно-методической конференции. Сибирский государственный университет путей сообщения. 2018. С. 124-127.

4. Петухова А.В. Опыт использования систем автоматизированного проектирования компании Autodesk в процессе обучения студентов технического вуза графическим дисциплинам (Часть 1) // Материалы V-ой Междунар. интернет-конф. КГП-2015 «Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации» (февраль-март 2015 г.) / Вып.2. – Пермь: Изд-во ПНИПУ. С.182-194.

5. Петухова А.В. Информационное моделирование как инструмент совершенствования инженерно-графической подготовки студентов технического университета // В сборнике: Актуальные проблемы модернизации высшей школы: резервы отечественной высшей школы в совершенствовании профессиональной подготовки специалистов. Материалы XXXI Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. 2020. С. 234-237

6. Гладких О.С. Создание модели геометрически сложного объекта // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей. Под общей редакцией Н.Ю. Ермиловой, И.Е. Степановой. 2019. С. 416-418.

7. Морозов С. М. Моделировании строительных конструкций с использованием динамических формообразующих элементов // // В сборнике трудов Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы» (Брест, Новосибирск, 19 апреля, 2019 г.) / отв. ред Вольхин К.А. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2019. – С. 182-187.

8. Тарасов А.А., Петухова А.В. Работа электронного учебного пособия "Цифровые модели рельефа: анализ поверхностей" // В сборнике: Электронные образовательные технологии: решения, проблемы, перспективы. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2019. С. 215-219.

© Ю. И. Чусовитина, 2021

Д. А. Ижбульдин, Н. И. Колмогорцев, Е. В. Шмелев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ)

ПРОВЕРКА ХОДА ЛУЧЕЙ В ПРИЗМЕННЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Развитие науки и техники привнесло множество улучшений в инструментарий инженеров, конструкторов, дизайнеров и других специалистов, участвующих в создании и проектировании изделий. Одним из таких инструментов стали системы автоматизированного проектирования. На сегодняшний день умение работать в данных системах необходимо для высококлассного специалиста в оптической отрасли. Средства автоматизированного проектирования позволяют визуализировать процессы расчета и моделирования, что сильно упрощает и ускоряет создание технически сложных систем.

Актуальным в наши дни стало взаимодействие нескольких САПР, так, например, в результате развития «Zemax», используемого для расчета оптических систем, программа получила разветвление на 3 отдельных продукта: OpticStudio для инженеров-оптиков; OpticsBuilder для инженеров-конструкторов; OpticsViewer для инженеров-технологов. С помощью возможностей данного программного обеспечения группы разработчиков могут обмениваться полными проектными данными и анализировать производительность в виртуальной модели, сокращая затрачиваемое время на интеграции проектирования и экономя деньги [1].

Расчет оптической системы проводится на основе технического задания на разработку. Существуют случаи, когда в техническом задании записаны требования, не реализуемые или сложно реализуемые с помощью только линзовых систем. К таким случаям можно отнести: необходимость излома оптической оси; жесткие требования по осевой длине системы; требования к наличию псевдобинокулярности и другие. Реализация таких требований возможна, например, с помощью зеркал или призм.

Применение призм имеет как недостатки, так и преимущества. К недостаткам можно отнести большую массу и необходимость точно выдерживать некоторые размеры. К достоинствам можно отнести упрощение реализации требований технического задания конструктором.

При расчете оптической системы призма заменяется эквивалентной плоскопараллельной пластинкой, исходя из известных высот падения лучей и коэффициентов призмы, определяющих отношение световых диаметров на входной грани призмы или призмистой системы к осевой длине плоскопараллельной пластинки. Далее по тексту рассматривается призмистая система Пехана с крышей. Призмистая система состоит из двух призм: БУ-45 (полупентапризма) и ВкР-45 (призма Шмидта с крышей). Коэффициент призмистой системы k , определяющий отношение входного отверстия к осевой длине равняется 4,75. Габаритные размеры

призмы можно определить исходя из расчета хода нижнего полевого луча, считая силовые компоненты бесконечно тонкими и идеальными. Объектив в системе имеет фокусное расстояние $f'_{об}$, окуляр $f'_{ок}$, а апертурная диафрагма диаметром D совмещена с оправой объектива. Удвоенная высота нижнего полевого луча $2y_{2нпл}$ в плоскости первой грани призмы определится по формуле (1) [2]:

$$2y_{2нпл} = \frac{D \cdot k_{\omega} + 2 \left[f'_{об} - 0,001 \cdot (10 \div 20) f'^2_{ок} \right] \beta_{2нпл}}{1 + 4k\beta_{2нпл}/n}, \quad (1)$$

где k_{ω} – коэффициент виньетирования;

$\beta_{2нпл}$ – угол нижнего полевого луча после объектива;

n – показатель преломления материала призмы.

Такой подход быстр и подходит для оценочного расчета качества системы в целом. Однако при проверке расчета хода луча через систему может возникнуть ситуация, когда выполнение закона полного внутреннего отражения (2) нарушается, из-за чего часть лучей «пробивают» грань призмы и выходят из системы.

$$\sin(\varepsilon) = \frac{1}{n}. \quad (2)$$

Для основных типов призм такие углы сосчитаны и являются справочными значениями [3]. Для призмной системы Пехана, выполненной из стекла К8, такой угол составляет $41^{\circ}12'$.

Рассмотрим случай на примере телескопической системы с угловым увеличением 10 крат, диаметром входного зрачка 40 крат и угловым полем зрения 6 градусов. В качестве оборачивающей системы применяется призмная система Пехана с крышей, установленная в сходящемся пучке лучей после объектива. В ходе габаритного расчета было определено, что длина эквивалентной плоскопараллельной пластины составляет 145,7 мм. На рис. 1 представлен ход лучей в системе с плоскопараллельной пластиной.

Такая быстрая замена позволяет определить параксиальные характеристики системы, состоящей из нескольких компонентов, а также определить степень взаимокомпенсаций аберраций силовых компонентов системы.

На этапе, когда основные конструктивные параметры и характеристики компонентов оптической системы определены, целесообразно провести трассировку лучей в системе с моделью призмы для подтверждения выполнения условия полного внутреннего отражения везде, где это предусматривается и принять меры в случае, если условие нарушается. При расчете осесимметричных систем не требуется определение полного углового поля системы, достаточно лишь ис-

пользование его положительной или отрицательной составляющей в соответствии с правилом знаков. При трассировке лучей в системах, где осевая симметрией отсутствует, необходимо задавать полное угловое поле зрения ввиду разных углов падения лучей на грани призмы. На рис. 2 представлены различные исполнения призмной системы.

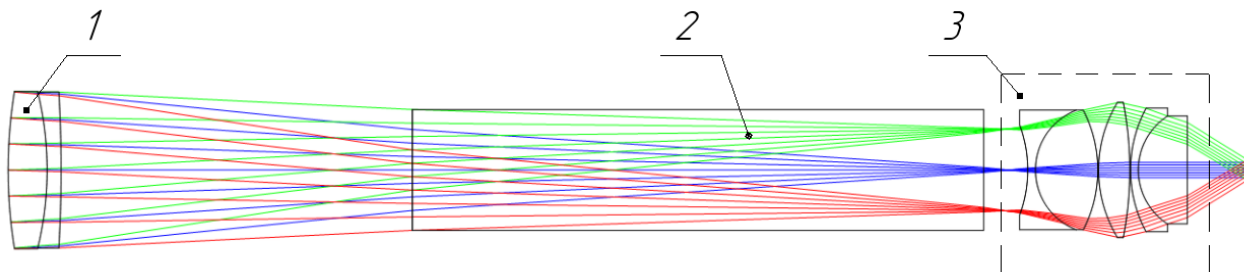


Рис. 1. Ход лучей в системе с плоскопараллельной пластиной:
1 – объектив; 2 – плоскопараллельная пластина; 3 – окуляр

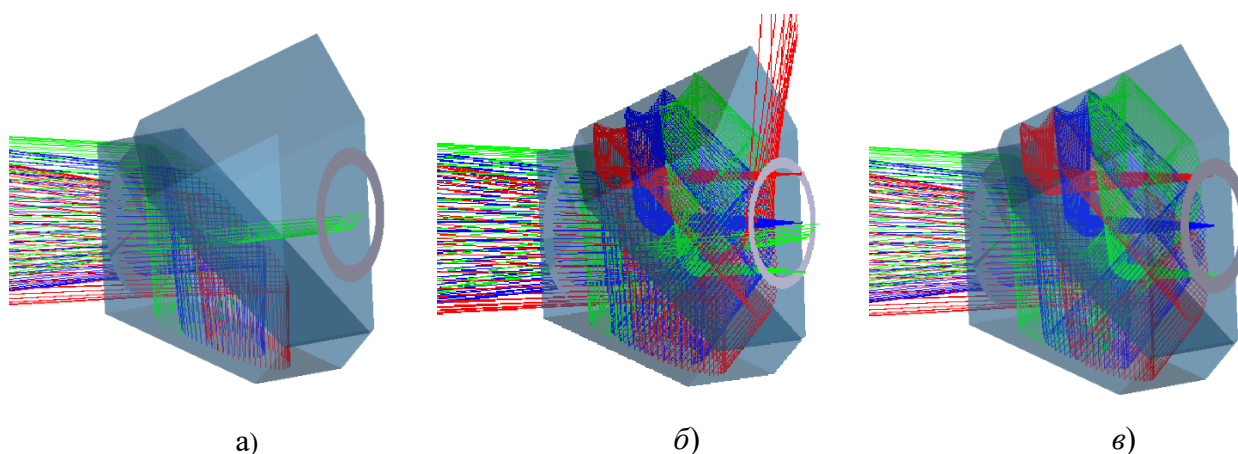


Рис. 2. Ход лучей в призмной системе Пехана, выполненной:
а) из стекла К8 без отражающего покрытия; б) из стекла К8 с отражающим покрытием на призме БУ-45; в) из стекла ТК16 с отражающим покрытием на призме БУ-45

Из рис. 2, а видно, что закон полного внутреннего отражения на нижней грани БУ-45 не выполняется, следствием чего является необходимость нанесения отражающего покрытия. На рис. 2 а, б видно, что закон полного внутреннего отражения для наклонных пучков также не выполняется и на других гранях, о чем свидетельствует преждевременный выход лучей из системы и их нетипичное распространение.

Помимо проверки закона полного внутреннего отражения, важным применением является возможность определения световых зон на различных поверх-

ностях. Определение световых зон позволяет конструктору разработать крепление, а также назначить конструктивные фаски для облегчения призмы и ее лучшего закрепления. На рис. 3 представлена реализация конструктивных фасок на основе информации о световых зонах.

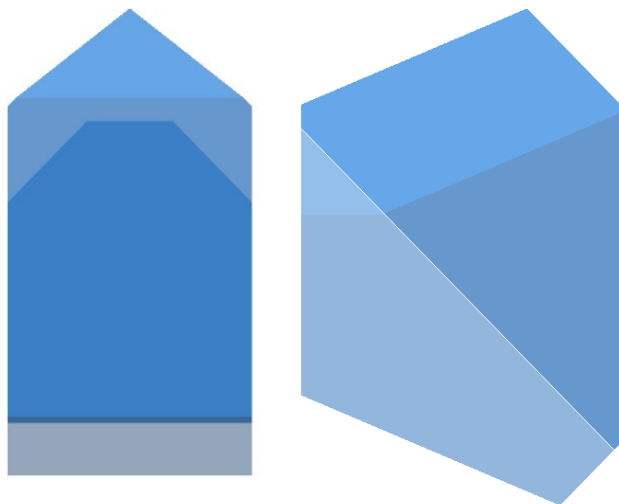


Рис. 3. Конструктивные фаски призмной системы

Помимо описанных выше применений, важной характеристикой современных визуальных оптических систем, за которую борются разработчики, является светопропускание. Импорт твердотельной модели в расчетную программу позволяет задавать коэффициенты пропускания и отражения, приближенные к реальным, что в свою очередь позволяет расчетчику иметь корректную информацию о светопропускании системы.

Использование программ твердотельного моделирования в контексте оптических расчетов позволяет расчетчику анализировать создаваемую им систему и принимать решения, обеспечивающие ее высокое качество. Основным достоинством совместного использования расчетных программ и программ твердотельного моделирования на сегодняшний день является возможность интеграции твердотельных моделей в оптические расчеты и придание им оптических свойств, что позволяет проводить трассировку лучей с их учетом для более полноценного анализа факторов, влияющих на качество будущей системы. Рассмотренная задача является одной из многих, которые могут стоять перед разработчиком. К известным задачам можно отнести: расчет влияния эффекта Нарцисса в системах тепловизионной техники; расчет паразитных бликов от элементов конструкции в телескопических системах; моделирование распространения излучения от источников сложной формы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zemax optics software [Электронный ресурс] / «ZEMAX LLC». – Электрон. дан. 2021. – Режим доступа: <https://www.zemax.com/>. – Загл. с экрана.
2. Запрягаева, Л. А. Расчет и проектирование оптических систем [Текст] / Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова – М. : Логос, 2000. – 584 с. : ил.
3. Кругер, М.Я. Справочник конструктора оптико-механических приборов [Текст] / В. А. Панов, М.Я. Кругер, В.В. Лагин; Под общей редакцией В. А. Панова – Л.; Машиностроение, 1980. – 742 с.

© Д. А. Ижбульдин, Н. И. Колмогорцев, Е. В. Шмелев, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. Э. Аленин.</i> Опыт применения BIM-технологий применительно к фасадным системам на примере многоквартирного жилого дома «Берлин»	4
<i>А. В. Антонюк.</i> 3D-моделирование жилого дома в Revit. Анализ и результаты	8
<i>А. Р. Байорис, М. А. Малиновский, А. В. Ершов.</i> BIM-моделирование как элемент строительной отрасли	13
<i>А. Р. Байорис, А. В. Ершов.</i> BIM-технологии как основа концепции «Умный город»	17
<i>Е. А. Водневская.</i> Разработка наглядного электронного макета по дисциплине «Начертательная геометрия и компьютерная графика»	21
<i>В. Э. Гак, Д. С. Мельниченко.</i> Сравнение функционала и использование программного обеспечения для создания 3D-поверхностей в картографии	25
<i>Н. С. Головачев.</i> Разработка информационно-справочной трехмерной модели жилого комплекса «Чистая слобода» для отдела продаж застройщика	30
<i>Д. Д. Дарабаев.</i> Технология создания 3D-моделей объектов с использованием смартфона	35
<i>Д. О. Дрыга.</i> Фотограмметрическая модель как основа для создания трёхмерных игровых ресурсов	39
<i>М. Н. Игнатьева.</i> Особенности использования анимационных программ трехмерного моделирования семейства Autodesk для темпорального анализа изменения рельефа	45
<i>Н. И. Кальянова.</i> Трёхмерное моделирование в горном деле	49
<i>М. М. Кимаковский, Н. А. Митюшенко.</i> 3D-моделирование советского дальномерного малоформатного аппарата	52
<i>М. П. Мучин, Н. А. Тимофеев.</i> Популяризация систем пожарной безопасности с использованием метода 3D-анимации	56
<i>А. А. Попов.</i> Разработка базовой модели для виртуальной экскурсии по городу Новосибирск в среде Unreal Engine	61
<i>Д. Д. Салогуб.</i> Компьютерная графика и 3D-моделирование в процессе разработки шарнирного механизма унифицированного мехатронного модуля с тремя степенями свободы для конструирования робототехнических систем	66

<i>А. О. Смирнова, Д. О. Дрыга.</i> Получение фотореалистичных оптимизированных 3D-моделей современных городских скульптур и объектов культурного наследия с помощью фотограмметрических технологий.....	72
<i>Н. А. Тимофеев.</i> Разработка концепта дизайна робота, создание его трехмерной модели и анимационного видеоролика.....	78
<i>Ю. И. Чусовитина.</i> Использование формообразующих объектов при создании сложных моделей в программном комплексе Revit	83
<i>Д. А. Ижбульдин, Н. И. Колмогорцев, Е. В. Шмелев.</i> Проверка хода лучей в призмных системах с использованием твердотельных моделей	88

Научное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Молодежная научно-практическая
конференция**

3 марта 2021 года

Сборник научных докладов

Материалы публикуются в авторской редакции

Ответственный за выпуск *Т. Ю. Бугакова*

Компьютерная верстка *О. И. Голиков*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 13.05.2021. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 5,52. Тираж 38. Заказ 36.

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

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