

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление подготовки 09.04.04 Программная инженерия
Направленность (профиль) образовательной программы Управление разработкой программного обеспечения

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
_____ А.В. Бушманов
«_____» _____ 2023 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На тему: Компьютерная реконструкция общей архитектуры Шадринского собора

Исполнитель студент группы 157-ом	_____	И.Н. Вергун
	(подпись, дата)	
Руководитель профессор, доктор техн. наук	_____	И.Е. Еремин
	(подпись, дата)	
Руководитель научного содержания программы магистратуры профессор, доктор техн. наук	_____	И.Е. Еремин
	(подпись, дата)	
Нормоконтроль доцент, канд. техн. наук	_____	Л.В. Никифорова
	(подпись, дата)	
Рецензент доцент, канд. физ.-мат. наук	_____	Д.В. Фомин
	(подпись, дата)	

Благовещенск, 2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра информационных и управляющих систем

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

подпись

« _____ » _____ 2023 г.

З А Д А Н И Е

К магистерской диссертации студента группы 157-ом _____

Вергуна Игоря Николаевича _____

1. Тема магистерской диссертации: Компьютерная реконструкция общей архитектуры Шадринского собора

(Утверждено приказом от 21.02.2023 № 442-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 20.06.2023

3. Исходные данные к магистерской диссертации: Исторические описания, проектная документация, фотоснимки, учебная литература, интернет ресурсы.

4. Содержание магистерской диссертации (перечень подлежащих разработке вопросов): анализ предметной области; поиск существующих решений; моделирование объекта исследования

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.): черно-белые исторические снимки, схемы и планы собора Святой Софии г. Харбин.

6. Рецензент магистерской диссертации: Фомин Д.В., доцент, канд. ф.-м. наук

7. Дата выдачи задания 30.01.2023

Руководитель выпускной квалификационной работы: И.Е. Еремин,
профессор, доктор техн. наук

Задание принял к исполнению (30.01.2023) _____

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит 100 с., 79 рисунков, 51 источник.

ИТ-ТЕХНОЛОГИИ, 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, ШАДРИНСКИЙ СОБОР, БЛИЗНЕЦЫ, АНАЛИЗ ОТЛИЧИЙ, НИЗКОПОЛИГОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ, ДЕТАЛИЗИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ, ТЕКСТУРИРОВАНИЕ, BLENDER, КОМПАС-3Д, PHOTOSHOP

Целью данной магистерской диссертации является разработка достоверной детализированной трехмерной модели внешнего облика утраченного объекта культурного наследия - Шадринского собора с последующим нанесением текстур.

Задачами, поставленными при выполнении данной выпускной квалификационной работы, являлись:

- сбор информации об исследуемом объекте, сохранившихся изображений, а так же проектной документации;
- поиск существующих на сегодняшний день решений;
- комплексный анализ отличий между существующими решениями и историческими данными;
- разработка этапов и методики моделирования исследуемого объекта;
- выбор и обоснование программного обеспечения;
- практическая реализация трехмерной модели Шадринского собора с нанесением текстур.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Предметная область исследования	6
1.1 Исторические данные о шадринском соборе	6
1.2 История церкви богоявления в Санкт-Петербурге	11
1.3 История собора святой Софии в Харбине	15
1.4 3D-моделирование	22
2 Обзор и анализ существующих решений	28
2.1 Сравнение и анализ существующих аналогов шадринского собора	28
2.2 Обзор и выбор существующего программного обеспечения для 3D-моделирования	33
3 Практическая реализация компьютерной модели шадринского собора	47
3.1 Создание трехмерной модели шадринского собора	47
3.1.1 Методика разработки детализированных моделей	47
3.1.2 Выделение основных элементов сооружения	47
3.1.3 Создание общей модели сооружения	48
3.1.4 Детализирование модели уникальными элементами и деталями	50
Заключение	95
Библиографический список	96

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире человечество всё больше внимания отдаёт проблеме утраты памятников и объектов культурного наследия. Поэтому вопрос об их сохранении и восстановлении будет оставаться всегда открытым. По мере развития IT-технологий данная проблема становится решаемой, так как в арсенале специалистов по трехмерной графике появляется всё больше инструментов и методов для качественного и точного воссоздания внешнего вида разрушенных объектов. Их реконструкция в свою очередь является основой событийного туризма, который способствует повышению интереса к истории своего города, а так же области в целом. Это так же способствует экономическому развитию региона и культурному просвещению населения. Одним из направлений подобных работ, которые являются важными для развития истории и культуры Амурской области, можно выделить реконструкцию внешнего облика Шадринского собора (Троицкой церкви Богоявления)

Целью диссертации является создание аутентичной модели внешнего вида Шадринского собора.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- Поиск исторических данных по объекту и их сравнение с существующими аналогами, а так же существующими разработками.
- Создание низкополигональной модели собора из примитивов.
- Создание детализированной версии модели собора.
- Текстурирование высокодетализированной модели.

Основной научный результат данной работы состоит в демонстрации технологического процесса построения трехмерной модели Шадринского собора. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученной трехмерной модели для создания исторических реконструкций, для создания виртуального музея объектов культурного наследия области.

1 ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Исторические данные о Шадринском соборе

По историческим данным собор раньше имел название - Церковь Святой Живоначальной Троицы, а стоял он в то время на углу улицы Большой между улицами Ремесленная и Семинарская (в нынешнее время - это улицы Ленина, Чайковского и Политехническая) [3]. А в народе собор получил название Шадринский – по имени купца Семена Шадрина. Построен по образцу церкви Богоявления Господня (Гутуевская) в Санкт-Петербурге. Расходы по строительству практически полностью взял на себя купец [4].

По итогу строительство стоило 250 000 рублей. В октябре 1986 года Городская Дума пожертвовала только 2000 рублей на покупку икон.

В 1896 году 16 января глава города Ефимов и благовещенский золотопрмышленник Семён Шадрин осмотрели место между улицами Ленина (в то время ул. Большая), Политехнической (в то время ул. Семинарская) и Чайковского (в то время ул. Ремесленная), которое в те времена носило название - Ремесленная площадь, и 16 мая осуществилась закладка храма Преосвященным Макарием, посвященному Святой Живоначальной Троице [5].

На рисунке 1 представлено место осуществления закладки храма.

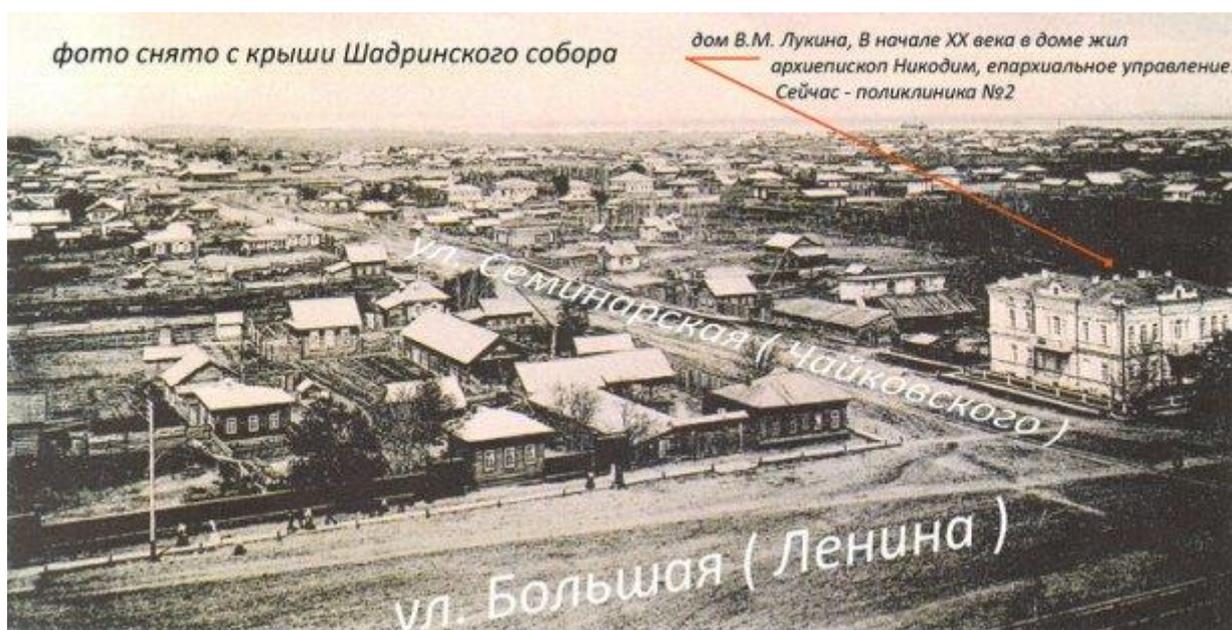


Рисунок 1 – Место осуществления закладки для будущего собора

Здание строилось 7 лет и наконец в 1901 году стройка завершилась. Если смотреть сверху, то храм напоминал собой крест. В то время этот собор считался самым красивым в Благовещенске, так как имел очень изысканную архитектуру. Он насчитывал десять колоколов в колокольне, самый крупный из которых весил 304 пуда или 4,9 тонн на нынешнюю единицу измерения. Подобных размеров колокол был первым в Благовещенске. Полы у собора были каменные, вымощенные плиткой различных цветов, окна обрамляли железные рамы, на балкон внутри церкви вела чугунная лестница. Украшенная иконами стена была так же изготовлена из чугуна и изготовлена на заводе С.С. Шадрина. Осенью того года Преосвященный Никодим обошёл новый собор, строительство которого уже было закончено и нарёк храм лучшим в Благовещенске «по красоте стиля и отделки» [6].

На рисунке 2 и рисунке 3 представлены исторические фото собора.

Храм был сделан из кирпича и имел 3 придела. План собора выглядел довольно оригинально в виде латинского креста, однако имел удлинённую западную часть. Абсиду, углубленную во внутреннем пространстве, окружала с трёх сторон обходная галерея, из которой можно было пройти в южный и северный приделы. Основной объём храма представляет собой восьмигранное пространство в плане. Весь этот объём освещался шестнадцатью окнами, расположенными в световом барабане, а венчался он луковичной главой диаметром десять метров [7]. Колокольня и два боковых придела завершались шатрами с позолоченными куполками. Все входы в храм имели порталы и кокошники над собой, а полы были выстланы плиткой красного и серого цветов [8]. Окна в свою очередь украшались цветной мозаикой. На самой колокольне зиял самый большой колокол в городе, который имел вес в 304 пуда [17].



Рисунок 2 – Историческое фото Шадринского собора



Рисунок 3 – Историческое фото Шадринского собора на фоне Благовещенского ремесленного училища

Шадринский собор был разрушен в 1936 году, во время массовой волны разрушений храмов по всей новой России [26].

В девяностые годы этого века заговорили о возвращении духовных ценностей, в Благовещенске так же решили вернуть в то время столь красивое архитектурное произведение как Шадринский собор [31].

Была создана комиссия, в которую входили горожане с ахиерископом Гавриилом во главе и архитектором Валерием Сикериним. Начался поиск существующих чертежей, фотографий, а так же анализ сохранившихся похожих построек [41].

Было выяснено, что существует два аналога Шадринского собора – Бого-явленская церковь в Санкт-Петербурге (рис. 4) и Софийский собор в Харбине (рис. 5).

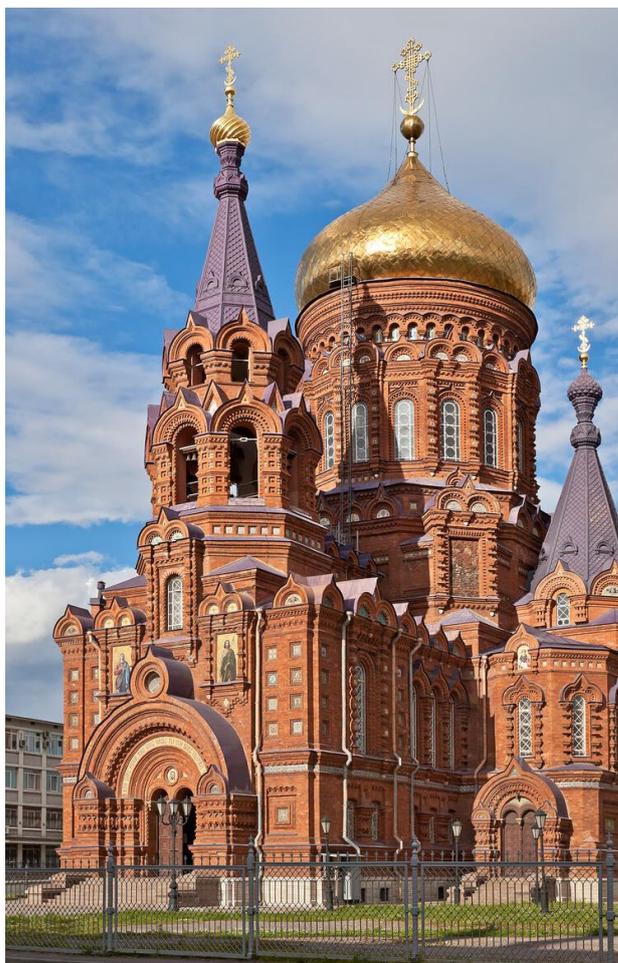


Рисунок 4 – Богоявленская церковь в г. Санкт-Петербург

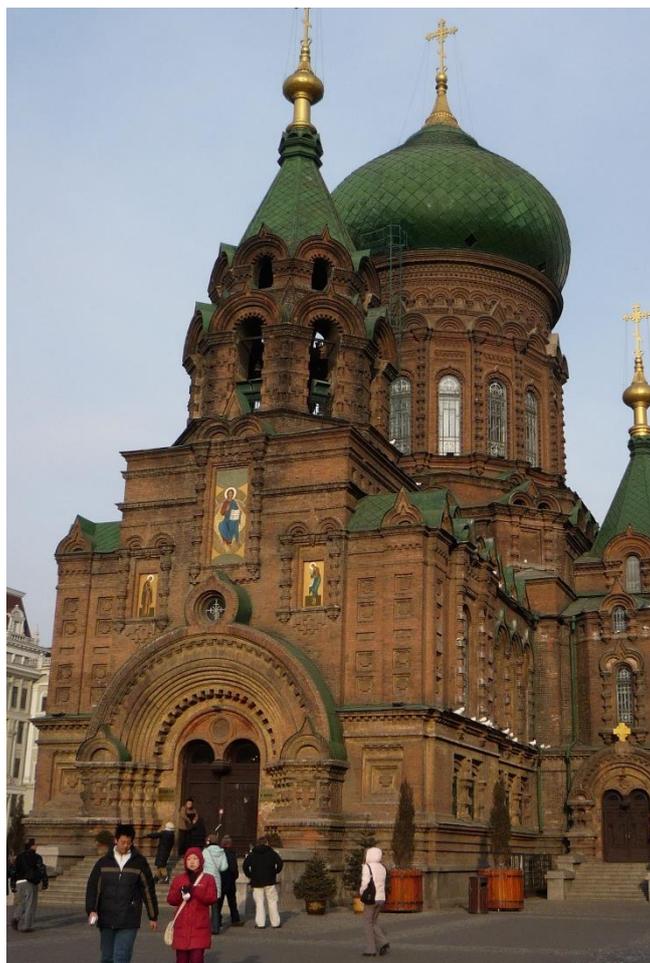


Рисунок 5 – Софийский собор в г. Харбин

Если смотреть на эти три собора (рис. 2 - рис. 4) – то не составит сложности заметить насколько они похожи – один другого буквально копирует, однако если приглядеться более детально, то можно заметить несколько отличий: у Шадринского собора имелась крытая пристройка на главном входе, а так же фундамент под главным шатром отличен у Харбинского и Питерского собора, Софийский собор имеет прямоугольный по форме, в несколько ярусов, Богоявленская церковь и Шадринский собор же имеют фундамент который напоминает многоугольник в плане и значительно ниже китайского аналога. Башня (барабан) под главным куполом у Харбинского собора гораздо шире, чем у аналогов, у Питерской церкви и Шадринского собора они более узкие и вытянутые. Кресты у всех

трёх соборов так же разной формы. Так же нельзя забывать про множество реконструкций, которые претерпели эти соборы.

1.2 История Церкви Богоявления в Санкт-Петербурге

Первый аналог - церковь Богоявления Господня в Петербурге.

Богоявленская церковь располагается в городе Санкт-Петербург, на острове Гутуевский. До наших дней она хорошо сохранилась и хорошо отреставрирована. Начали строить эту церковь в 1881 году. Церковь была построена на основе проекта Василия Антоновича Косякова - гражданского инженера [11].

Храм воздвигали в честь памяти о чудесном спасении цесаревича Николая Александровича – сына Александра II. В 1891 году 29 апреля цесаревич проезжал японский город Оцу, во время чего его ранил японский фанатик.

Изначально служившими на портовой таможне выдвигалось решение о постройке часовни, но Вороник И.А. – местный фабрикант настоял на постройке храма в русском стиле и выделил на это средства [23].

В первую годовщину покушения на цесаревича по благословению митрополита Исидора (Никольского) состоялась закладка храма. Архитектор — Василий Антонович Косяков. 29 апреля 1899 года состоялось освящение главного престола храма в честь праздника Богоявления. В мае 1899 был освящен левый придел в честь святителя Николая Чудотворца, а 18 июля 1899 года освящён правый придел в честь преподобного Иоанна Спостника. При храме были открыты церковно-приходское попечительство, бесплатная библиотека, приходской хор любителей церковного пения [33].

Церковь насчитывала в себе три престола и вмещала в себя 1200 человек. Алтарь был отделён алтарной стеной (иконостас) состоящей из одного яруса, которую по достоинству оценили во Франции в Париже когда там в 1900 году проходила всемирная выставка и присудили награду за её исполнение. Иконостас был сделан из фаянса на именной тех лет фабрике Кузнецова М.С. и изображал на себе знаменитую тайную вечерю за престолом, которая была написана по

своим размерам на всю стену. Особенностью этого иконостаса было то, что его можно было увидеть из любой точки церкви. Над изображением запрестольной тайной вечери была расположена панорама «Крещение Господне», она визуализирует эпохальные события, произошедшие два тысячелетия назад: Крещение Иисуса и сопутствующее ему Богоявление, и изображает берега реки Иордан, расположенной у подножия горы Хермон вблизи соединения границ Сирии, Ливана и Израиля, а также окружающий пейзаж. Вид был написан Сланцевым А.С., во время его поездки в Палестину, где он писал с натуры [34].

На высоте более тридцати метров над землёй в самом большом куполе барабана изображен лик Иисуса Христа. Внизу барабана по периметру его опоясывают 32 различные иконы, написанные Постниковым А.М. Стены церкви расписаны художником Сланцевым А.С., орнаменты были выполнены Бутаковым К.Н. Мозаичные рисунки были изготовлены в г. Санкт-Петербург в мозаичной мастерской архитектора Фролова А.А., сыгравшую роль в формировании облика Петербурга в XIX веке. Колокольная насчитывает в себе 10 колоколов, изготовленных в Москве на заводе Сангина, общий их вес достигал 1200 кг. Перед установкой эти колокола были представлены всемирной выставке в США, городе Чикаго [35].

На рисунке 6 ниже представлено фото купола церкви Богоявления.



Рисунок 6 – Купол церкви Богоявления в Петербурге

Специально для этого храма была спроектирована не имеющая аналогов система освещения, рассчитанная на 450 лампочек, покрывающая всю внутреннюю площадь. Внутреннее убранство также освещалось тремя дизайнерскими позолоченными всесвещниками, выполненными из бронзы, которые делались на заказ [40].

Церковь в высоту вместе с крестом достигала пятидесяти метров, ровно как и Шадринский собор, который имел такую же высоту. Длина церкви была сорок пять метров, в то время как ширина – 29 метров. Позолоченный крест на главном куполе был выполнен из железа и весил чуть меньше тонны.

На рисунке 7 ниже представлено историческое фото внутреннего убранства церкви.



Рисунок 7 – Внутреннее убранство Церкви Богоявления в г. Санкт Петербург

Церковь закрылась в 1935 году в мае. После этого церковь лишилась большей части своего декора, икон, внутреннего убранства. Были утрачены шатры, главки, алтарная стена, исчезли узоры купола. В следующие годы на месте церкви были размещены различные складские помещения, продовольственная база, завод по мыловарению и даже морг, а само пространство вокруг было огорожено оградой из бетона. Прежняя ограда, выполненная методом художественной ковки в 1936 была переставлена к недавно построенной на тот момент школе, которая находилась на стыке переулка Болдырева и второй Турбинной улицы (в данное время эта улица носит название – Промышленная). По историческим данным эту ограду сдали в металлолом в 2006 году [40].

В 1941 году началась Великая Отечественная война, которая так же не обошла стороной и церковь Богоявления – церковь горела в пожаре, из-за чего и внутреннее пространство и внешняя архитектура были сильно обезображены.

Много лет позже храм был снова передан Церкви, а именно в 1991 году, однако он выглядел очень плохо, после того как пострадал в пожаре и от рук мародеров. Состояние его было аварийное. Прошлое величие и красота были навсегда утеряны: колокола отсутствовали, купол тоже, весь фасад был обгоревший, а внутренние стены закоптились. Но даже это не помешало восстановить его функционирование – в 1992 году 19 января в нём была совершена первая церковная служба. В то же время начали говорить о восстановлении храма и в том же году началась его реконструкция. В мае 1995 года установили крест на главный купол. В начале XXI века большая часть восстановительных работ была завершена, внешней части был возвращен прежний облик, храм, столько лет стоявший в аварийном состоянии, снова засиял красками. Позже в 2005 году убрали бетонную ограду, а в промежутке между 2010 и 2011 годами установили новую ограду - копию ранее стоявшей кованной ограды, которая в точности повторяла утерянную.

Однако внутренняя реставрация ведётся и сегодня, большая часть стенописи вернулась. Осень 2012 года произошло освящение нового иконостаса. Церковь функционирует в обычном режиме, службы проводятся регулярно [47].

1.3 История собора Святой Софии в Харбине

Святая София привлекает к себе множество туристов с разных стран и является особенностью города Харбин.

Этот собор возглавляет объекты культурного наследия и с ноября 1996 года включен в реестр памятников КНР. В наше время он представляет собой музей архитектуры, в нём находятся планы, снимки и объемные макеты построек города Харбин.

Когда война между Русской и Японской империей за контроль Манчжурией закончилась, военная часть генерала Колянковского А. оставила дар жителям харбина в виде деревянного храма, который в военное время был военной церковью для солдат. В документе дарения писалось, что русские военные завещают этот храм, «дабы русское дело в Харбине под сенью этого храма росло и укреплялось» [12].

После этого в 1907 году 11 февраля храм был перенесен и заложен в другом месте (между улицей Водопроводной и углом улицы Мостовая). Это стоило немалых денег, но Чистяков Илья Федорович – русский эмигрант, владелец чайной фирмы, взял на себя все расходы, связанные с демонтажем сооружения и его переносом на новое место. Благодаря слаженной работе неравнодушных и рабочих все работы заняли всего лишь двадцать дней, что по меркам того времени было рекордным сроком.

4 марта 1907 года храм был освящен малым освящением – это делают если престол был осквернен, к примеру, при переносе прикосновением неосвященных рук, либо при ремонте алтаря, освящали во имя Софии Премудрости Божией, предполагая, что в последствие будет произведено великое освящение архиепископом из Владивостока. Так и случилось: 1908 год для этого собора ознаменовался великим освящением архиепископом Никольским, прибывшим из Владивостока (Евсевием), после чего собор получил статус первого духовного центра прихода в городе Харбин. Чистяков Илья Федорович получил в этом храме статус основателя и являлся им до своей смерти в 1922 году [20].

Позже после освящения, в 1912 году собор был реконструирован. Его фасад украсил красный кирпич, проект реконструкции был выполнен С.К. Трейманом. По проекту предусматривалась также пристройка левого придела к собору во имя Святого пророка Илии и Раисы Александрийской.

Собор обзавелся новыми девятью колоколами, он насчитывал восемь маленьких и большой, разместились они над порталом в собор на колокольне. Со слов внуков сторожей храма, храм был невероятно красив и изящен, а ещё он имел подсветку всех крестов и с наступлением темноты, они загорались в небе разными цветами, что выглядело завораживающе.

Так как собор привлекал к себе много эмигрантов, приходское собрание приняло решение возвести новый храм на этом же месте, так как этот участок уже было сложно представить без этого строения, храм олицетворял собой это

место. 1923 год являлся годом заложения нового храма, но несмотря на успешную закладку, работы по строительству до 1930 года так и не были начаты. Проектно-изыскательские работы были выполнены русским архитектором Осколковым Михаилом Матвеевичом, эмигрировавшим в Харбин в 1920 году, где занимал должность епархиального архитектора, будучи специалистом по церковному строительству. За основу для стройки был взят проект Троицкой церкви, построенной в городе Благовещенск, Амурской области (Шадринский собор), создателем которого являлся так же Михаил Осколков. И тот, и другой проекты копировали Богоявленскую церковь на острове Гутуевский в г. Санкт-Петербург, которую проектировал известный архитектор Василий Антонович Косяков [20].

Храм, в годы после его освящения архиепископом Никольским и до 1941 года был самым крупным на Маньчжурской территории. Полное освящение отреставрированного храма случилось в 1932 году 25 ноября. Старое здание использовалось для размещения управления епархиями, а также для похоронного бюро, в вечернее время там шли лекции Харбинского института Богослужения имени святого Владимира.

Собор пережил ремонт в 1997 году, осуществляли его городские власти. Однако это вынудило прибегнуть к большим расходам. Необходимо было так же восстановить площадь собора, для этого был произведен снос пары жилых кварталов.

Позднее в начале 21 века, а именно в 2006 году, было принято решение о размещении в храме выставочного зала, для этого сам храм и его площадь пережили ещё один ремонт. В ходе ремонта сделали подсветку по всему периметру собора, для его с окружающей обстановкой. В общей сложности было смонтировано 16 секций галогенных ламп с отражателями и более тысячи светодиодных. В результате храм стал более красивый, изящный, особенно в вечернее время суток. Открылся храм в декабре того же года. В нём обустроили музей архитектуры.

Собор Святой Софии в городе Харбин в своём плане напоминает латинский крест, у которого восточная ветвь более короткая, и принадлежит к виду храма с трапезной, алтарная часть храма с трех сторон прикрита периферийной галереей. Трапезная часть разделена на три нефа двумя рядами колонн. Основной объём храма в плане представляет собой восьмигранник, который красиво освещен благодаря шестнадцати окнам, расположенных по периметру высокого барабана. Храм венчает большой луковичный купол, восьмиугольные шатры с куполками на тонких шейках над боковыми нефами, фасады выдержаны в русском стиле [24].

По высоте собор достигает 48,55 метров и состоит в числе самых больших по размеру православных соборов на всем Дальнем Востоке. Его вместимость составляет до 2000 человек. Фасад выложен красным кирпичом, без штукатурки. Основной купол в форме луковицы стоит на длинном барабане, окруженном поясом из небольших окон и кокошников. Купол украшен рельефными узорами [26].

На двух боковых шатрах расположены две главы поменьше. Фасад всего здания декорируют орнаментальные узоры с изразцовыми и майоликовыми вставками, главный вход выполнен в виде арочного портала из двух половин. Если посмотреть наверх, то над порталом можно увидеть колокольню, которая имеет расширяющуюся к низу форму, а вверху украшена позолоченным куполком с крестом над ним. Интерьерное пространство было расписано русским художником-педагогом Владимиром Михайловичем Анастасьевым.

Собор Святой Софии в Харбине являлся копией:

- Шадринского собора в Амурской области в г. Благовещенск (Церковь Живоначальной Троицы) - находился на пересечении улиц Чайковского и Ленина, ходят разговоры о восстановлении;

- церкви Богоявления на острове Гутуевский в г. Санкт-Петербург [41].



Рисунок 8 – строительство Софийского собора в г. Харбин

Валерий Яковлевич Сикерин – амурский архитектор, один из тех, кому не безразлична судьба разрушенного Шадринского собора, неоднократно делал запросы в Харбин, а так же встречался лично с их строителями, архитекторами, в целях получения картографических планов и чертежей Софийского собора, однако они отвечали каждый раз что чертежи утеряны, но через 4 года китайская сторона всё-таки передела копии сохранившейся проектной документации, чертежей. (рисунок 9, рисунок 10).

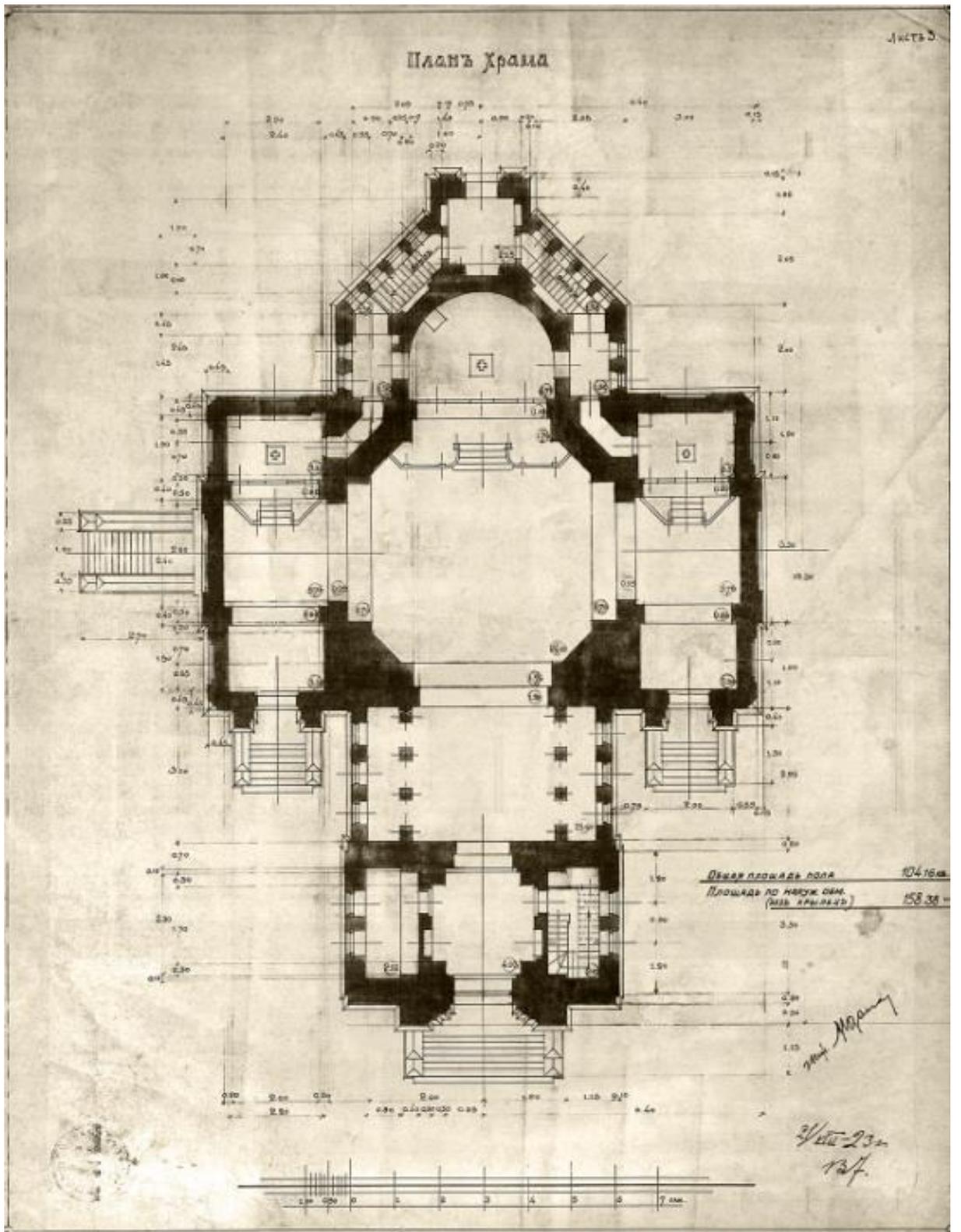


Рисунок 9 – План Харбинского храма



Рисунок 10 – Чертеж Харбинского храма, вид сбоку

Чертежные планы по строительству храма в г. Харбин был начерчен русским военным инженером и архитектором Михаилом Матвеевичем Осколковым. Ранее он же привлекался для строительства Шадринской церкви в г. Благовещенск [51].

1.4 3D-моделирование

Что из себя представляет 3D моделирование – это работа в специализированных программных средствах, направленная на получение виртуальных моделей, которые позволяют с большой точностью показать основные геометрические характеристики, такие как: габариты, облик, конфигурацию, внешний и внутренний вид и другие особенности воспроизводимых объектов [10]. В корне это представляет собой воспроизведение 3D-изображений, графических объектов благодаря современным программным средствам [18]. В нынешнее время технологии шагнули далеко вперед и компьютерная графика последних лет позволяет создавать максимально реалистичные 3D-модели, которые после пост-обработки будет не отличить от реальных объектов. Более того, с учетом существующего программного обеспечения, процесс моделирования 3D-объектов занимает времени даже меньше, чем процесс их реализации [16].

Большим плюсом 3D-технологий является то, что благодаря ним, мы можем воспроизвести модель, а затем её наглядно осмотреть в деталях со всех сторон, выявить какие-то особенности, недостатки, провести анализ и их исправить, создать какую-либо реконструкцию утраченного объекта чтобы в дальнейшем наглядно его демонстрировать в высоком качестве, а так же можно распечатать полученную модель на 3D-принтере, то есть можно превратить нематериальный 2D-объект во вполне реальный и осязаемый в нашем мире 3D-объект [19].

Построение графических изображений 3D-моделей от 2D отлично тем, что подразумевает под собой создание геометрических проекций созданных трехмерных моделей сцен на какую-либо заданную плоскости (к примеру, это может быть компьютерный экран), выполненных в специализированном ПО (программном обеспечении).

Визуализирование модели на компьютере помогает более точно представить, как это будет выглядеть в дальнейшем в реальности. Подобные 3D-модели

могут произвести большое впечатление на зрителя, а также дают шанс получить отличные результаты.

3D-моделирование может помочь во многих отраслях, например: в архитектурной, в металлургической, строительной, а более всего в отрасли развлечений и дизайна. Компьютерная визуализация объектов занимает лидирующую позицию в реализации многих бизнес-проектов [21].

Виды моделирования

Существует два различных метода компьютерного моделирования. Их подходы по своей сути разительно отличаются друг от друга, к примеру специалист в моделировании уровней для компьютерных игр или персонажей, скорее всего без особой надобности в какой-то другой сфере, никогда не запустит ни одной программы из списка средств автоматизированного проектирования, которые были созданы для абсолютно других задач. Хотя мы всё ещё говорим в рамках одного понятия о 3D-моделировании.

Суть полигонального моделирования

Данный метод заключается в том, что модель получается с помощью создания и объединения так называемых полигонов — это поверхности, заданные множеством точек. Каждую отдельную точку можно передвигать в пространстве, этим моделируя геометрические формы объекта, опираясь на внешний вид исходника и примерные габариты. Это в большей части творческая работа, здесь часто нет данных о реальных размерах, всё делается на глаз.

Этот метод нашёл широкое распространение, если не важно его соответствие с реальным объектом, если создаваемая модель не будет воспроизведена в реальном мире, а останется только виртуальной на экране. К примеру этим методом создаются модели для компьютерных игр и мультипликаций [22].

Воспроизводить высокоточные 3D-модели данным методом очень проблематично, потому что процесс по себе напоминает скорее лепку из глины, но

только на экране компьютера. Но этот метод используется также для воспроизведения и производства разных вещей, при производстве которых не играет роль их совпадение размеров с реальными воспроизводимыми объектами и высокая точность.

Что такое моделирование в САПРе

Средство автоматизированного проектирования (САПР, САД – англ. версия) — программное обеспечения, в котором для создания моделей применяются математические формулы, а не полигоны. Благодаря этому достигается высокая точность, вплоть до сотых миллиметра, из-за этого данный метод хорошо применяется для различных промышленных производств, то есть когда модель будет воссоздана в реальном мире по спроектированным размерам. К примеру, это используется для создания различных деталей, либо их литников, при производстве машин, авто, предметов интерьера и так далее [16].

Сравнивая этот метод с методом полигонального моделирования, можно сказать что разница между ними соразмерна разнице между растровой и векторной графикой. Модель, созданная растровой графикой, сколько угодно у неё не было бы полигонов, будет всегда неровной при максимальном приближении, будут видны её пиксели (будут видны ступеньки из пикселей), а при создании модели на основе математических формул, то есть модели из разряда векторной графики, она будет такая же гладкая и ровная при сколько угодно приближении и масштабе [13].

Ещё данный метод имеет плюс в том, что все модели создаются благодаря заданию различных параметров, которые при необходимости можно поменять, и модель тут же автоматически переделается с учетом внесенных корректировок (к примеру, изменить значение диаметра отверстия, после чего оно тут же изменит свой размер на модели, т.е. не нужно вручную его менять). Однако создавать сложные по своей структуре и форме модели очень затратно по времени и не имеет смысла. К примеру, персонажа для игры.

При создании модели необходимо руководствоваться требующимся функционалом и имеющимися на рынке программными решениями. Грамотно подобранный функционал продукта поможет в кратчайшие сроки и без особого труда сделать необходимую работу. К примеру, используя Autodesk 3D-Max очень проблемно получить развертку модели и правильно наложить текстуру на модель, но в том же Blender это сделать куда проще, к тому же он имеет гораздо больше шейдеров для работы с материалами [9].

Большие и сложные проекты обычно делают поэтапно, сначала делают простую модель, далее добавляют детали, а в конце накладывают текстуры и освещение. Ниже приводятся основные этапы создания модели.

Создание модели

Для того, чтобы получить готовую трехмерную модель необходимо выполнить следующие этапы:

- создание внешнего вида - моделирование внешнего вида визуализируемого объекта и построение сцены на которой объект будет располагаться;

- наложение текстур - каждой отдельной составной части модели создается развертка, то есть объект разрезается по граням, как если бы мы сложили всё методом оригами, а затем склеили, после разреза мы получаем развернутую версию этого объекта на плоскости, далее выбирается текстура и накладывается сверху на бесцветную развертку, затем к этому объекту применяются различные свойства материала для настройки его вида отображения (к примеру можно сделать чтобы текстура стала более гладкая, более яркая, изменить её цвет, сделать чтобы она отражала поверхности и т.д.);

- расположение освещения - выбор места и количества источников света, а также их вид и расположение их на сцене;

- создание рендера - получение растрового изображения 3D-модели с учетом просчёта освещения от источника света, теней, всех физических свойств и визуализация на устройство, которое будет выводить информацию [28].

Наложение текстур

Наложение текстур по своей сути - это раскрашивание бесцветной 3D-модели. Для этого применяется UV-развертка, чтобы четко понимать, что нужно красить, в каком месте и каким цветом. При этом трехмерная модель преобразуется в двухмерную. После развертки конкретной части объекта все его используемые фигуры разворачиваются на прямой плоскости и выводятся в качестве картинки, чтобы затем в другой программе уже наложить на верх окрашенный слой с материалом.

Выбор и размещение освещения

Данный этап характеризуется выбором источника света, выбором его места привязки и последующей его настройке в виде интенсивности излучения, области и направления свечения и т.д. Наиболее распространены следующие виды источников освещения:

- sun - в переводе солнце, источник является всенаправленным, то есть светит во все стороны, при этом не затухая, лучи света идут параллельно относительно друг друга;

- spot - точечный источник света, можно для примера привести фонарик, светит так же из одной точки расширяющимся конусом света в каком-либо из направлений, размер которого можно настроить;

- area - свет исходит от заданной плоскости, размер и свечение которой так же можно настроить.

Применяются ещё и другие виды различных световых излучателей, отличных по своему функционалу и спецификам, однако они более узкоспециализированы. К примеру, это могут быть источники объемного освещения, которые освещают только в настроенных границах [21].

Создание рендера

Этот этап характерен тем, что изображение становится более реалистичным. При рендеринге происходят сложные вычисления, которые рассчитывают

искажение всех объектов за счет направленного на них освещения, высчитывают глубину их света, с учетом падающих на них теней, на этом этапе металлическая поверхность начинает отражать источники света, то есть приобретает эффект зеркала. Каждый пиксель имеет три основных цвета: красный, зелёный и синий. Тот или иной цвет имеет свой процент яркости, какой-то цвет будет превалировать над другими. При рендеринге вычислительной машиной в точности просчитываются значения каждого пикселя, для этого составляется матрица, и на выходе мы видим реалистичную картинку [25].

Ниже приведены самые известные технологии для рендера изображений, нередко они используются в совокупности:

- рэйтрэйсинг (*трассировка лучей в режиме реального времени*) - суть технологии состоит в том, что для каждого пикселя рассчитывается откуда придет луч света и какого цвета по итогу будет пиксель. Учитывается так же расстояние от пикселя до источника освещения. Однако востребована оказалась только обратная трассировка, (не от источника света к наблюдателю, а от наблюдателя в сторону источника света), так как прямая трассировка оказалась очень тяжелой в плане использования ресурсов, необходимо просчитывать гораздо больше точек, а это в своё очередь сказывается на быстродействии;

- глобальное освещение - вычисление основных взаимодействий поверхностей и сред в видимом спектре излучения при помощи интегральных уравнений [29].

2 ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

В данной главе мы проведём анализ «близнецов» ранее существовавшего Шадринского собора, а также определимся на основе какого собора будем воссоздавать Шадринский. Вторым пунктом данной главы будет обзор существующего программного обеспечения, удовлетворяющего требованиям 3D-моделирования собора и обоснование выбора используемого продукта.

2.1 Сравнение и анализ существующих аналогов Шадринского собора

На данный момент 3D-модель Шадринского собора уже была воссоздана специалистом компьютерного моделирования - Алексеем Конзелко и архитектором Валерием Сикериным (рис. 11-12) [39].

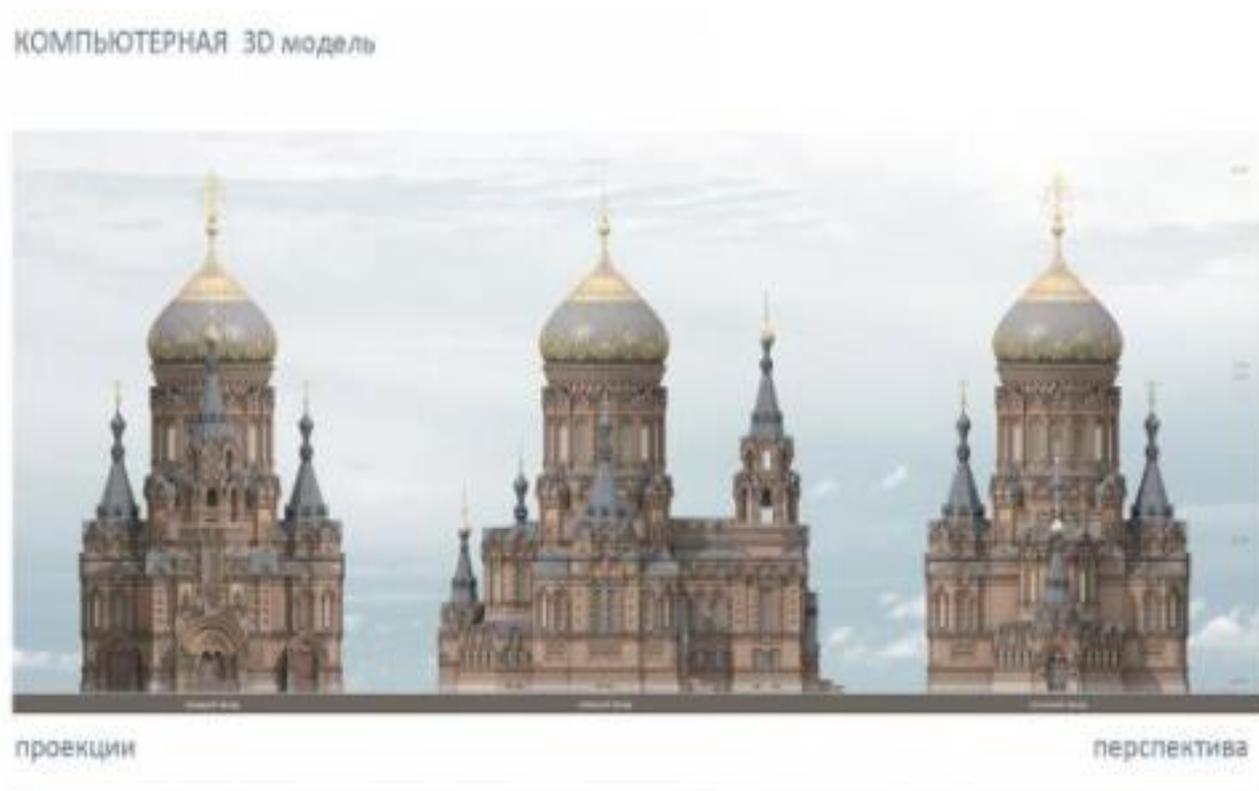


Рисунок 11 – Проекция и перспектива существующей модели Шадринского собора



Рисунок 12 – Компьютерная модель Шадринского собора, начерченная Валерием Сикериным и Алексеем Конзелко.

Однако при детальном рассмотрении стало понятно, что перед нами скорее воссоздание Богоявленской церкви из г. Санкт-Петербург, так как при анализе этой модели и сохранившихся снимков Шадринского собора были выявлены различия. Богоявленская церковь Валерием Сикериным в качестве исходных данных для моделирования Шадринского собора была выбрана неспроста. Ниже на рисунке 13 приводится сравнение Богоявленской церкви г. Санкт-Петербург и Софийского собора г. Харбин.

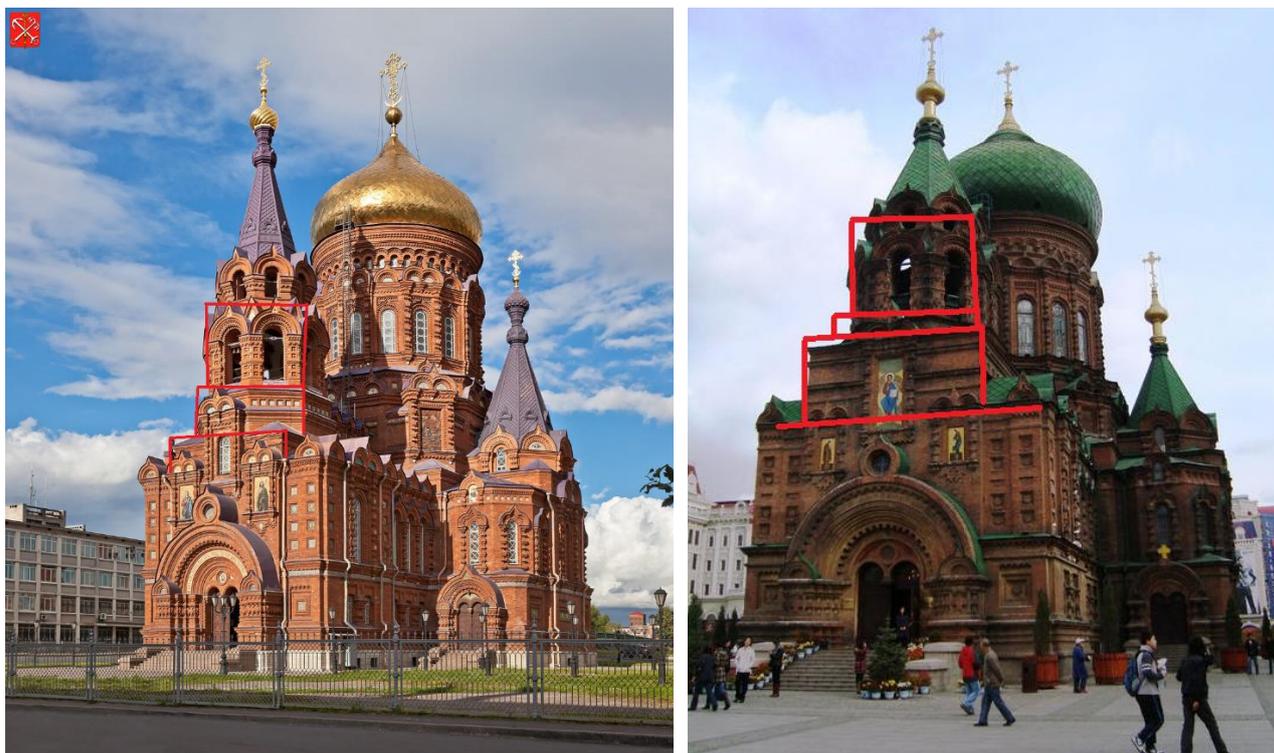
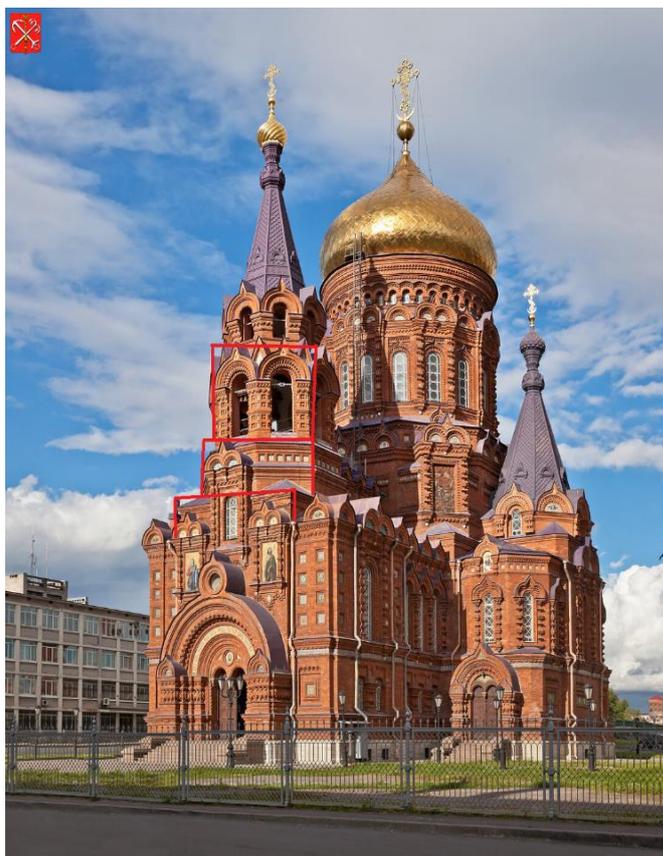


Рисунок 13 – Сравнение Богоявленской церкви и Софийского собора

На рисунке 13 мы видим, что основания главной башни у центрального входа различаются. У Софийского собора основание представляет собой по форме прямоугольник, в то время как у Богоявленской церкви основание выглядит как многоугольник. Если мы сравним высоту оснований, то она так же окажется различной. У Софийского собора оно имеет как бы несколько ярусов, за счёт чего сам шатёр расположен выше, чем у Богоявленской церкви. Если смотреть на главный купол, то у Харбинского собора он кажется больше по своему размеру. Это из-за того, что барабаны под ним (колонны) так же различаются: у китайского собора он тоньше и ниже, чем у его русского аналога.

Ниже на рисунке 14 сравниваются Церковь Богоявления и Шадринский собор.



Троицкая церковь в Благовещенске

Рисунок 14 – сравнение церкви Богоявления и Шадринского собора

Как мы видим основания главной башни одинаковы. Если говорить о геометрии собора в целом, то она тоже схожа, более детально изучить отличия не представляется возможным, из-за отсутствия достаточного количества исторических фотоснимков Шадринского собора. Учитывая схожесть основных геометрических форм и деталей, а так же отсутствие дополнительного фотоматериала Благовещенской церкви, при воссоздании трехмерной модели Шадринского собора и возникновении затруднений в воссоздании мелких деталей, будем опираться на снимки Богоявленской церкви, расположенной в г. Санкт-Петербург на острове Гутуевский. Однако и у этих двух храмов есть различия.

Анализ имеющихся различий представлен ниже на рисунке 15.

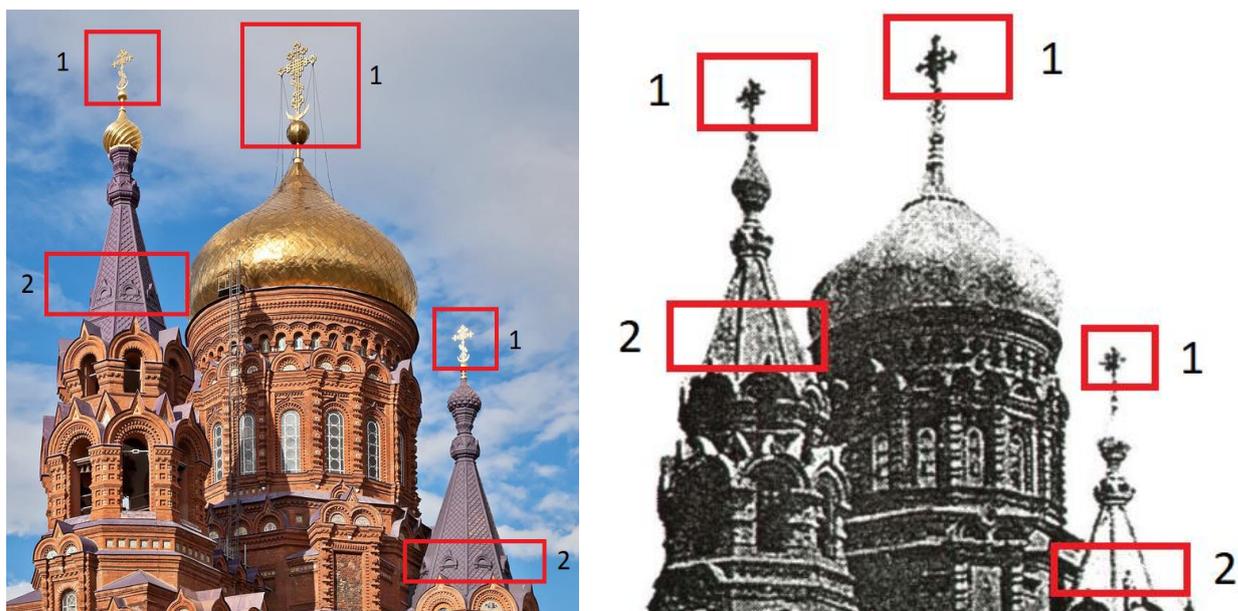


Рисунок 15 – Поиск отличий между Благовещенским и Питерским соборами

Цифрой 1 обозначены кресты у обоих храмов. Если посмотреть кресты на рисунке слева – Богоявленская церковь, то можно сказать что центральный крест является семиконечным, а у основания имеет полумесяц, боковые так же являются семиконечными, однако без полумесяца в основании, а на рисунке справа – Шадринский собор, центральный крест другой формы и не имеет полумесяца, боковые кресты так же имеют форму отличную от крестов Богоявленской церкви, и не имеют наклонной жердочки под тремя лепестками креста.

Цифрой 2 обозначены оконца на башнях церквей: на рисунке слева – Богоявленская церковь, они присутствуют по всему контуру на всех башнях, на рисунке справа – Шадринский собор, их нет ни на одной из башен.

Под цифрой три на рисунке ниже было проведено сравнение порталов обоих соборов, которые также имеют различия между собой (рисунок 16).

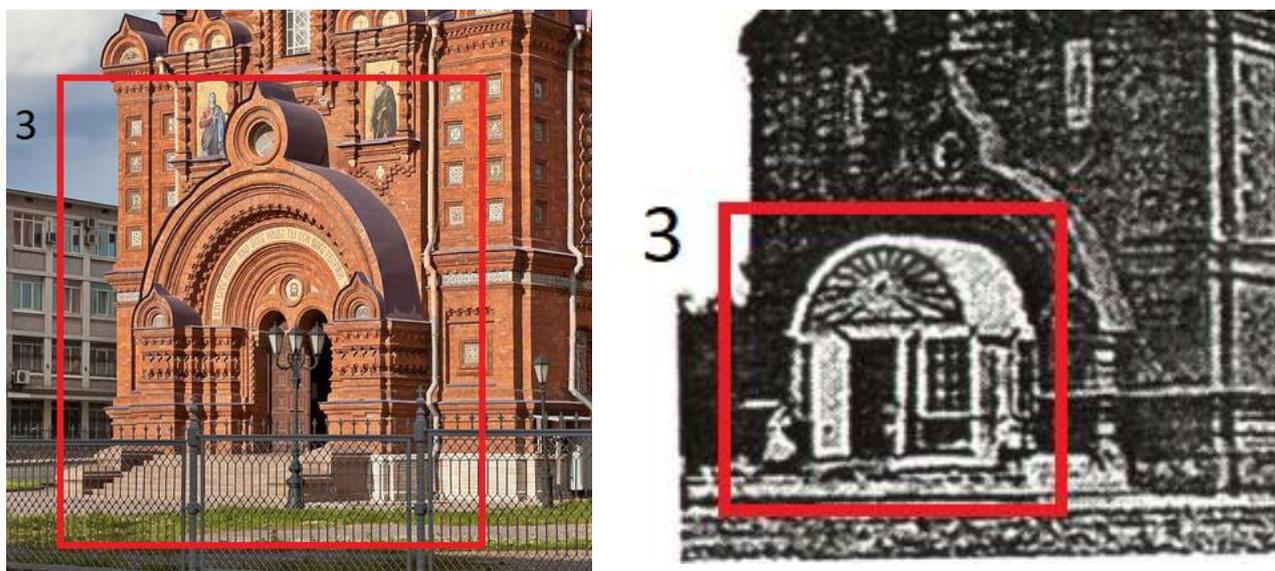


Рисунок 16 – Сравнение порталов

При сравнении рисунков мы видим Шадринский собор имеет крытую пристройку к главному portalу, которой нет у Богоявленской церкви.

На этом все существенные различия этих двух соборов кончаются, поэтому будем считать, что они идентичны. Так как исторических фотографий Троицкой церкви (Шадринского собора) крайне мало, будем создавать 3D-модель основываясь на фотографиях Питерской церкви, а затем исправим существующие отличия в архитектуре, а именно: поменяем форму крестов, не будем делать оконца на башнях собора, смоделируем пристройку у главного портала собора.

2.2 Обзор и выбор существующего программного обеспечения для 3D-моделирования

Сегодня довольно большой выбор программ для построения 3D графики. И их число неуклонно растет, потому как компании, занимающиеся созданием подобных программных средств, хотят расширить свой охват различных аудиторий пользователей, поэтому, как только появляется новая потребность со стороны клиентов к функционалу или специфике приложения, они выпускают новый продукт, закрывающий эту потребность. Эти программы подразделяются главным образом на платные для использования и полностью бесплатные. Бесплатные держатся на плаву благодаря пожертвованиям своих пользователей на безвозмездной основе. Самыми популярными из платных приложений являются:

Maya Autodesk, 3D Max, Ehinoceros, Cinema 4D, а также такие системы автоматизированного проектирования как Autocad и Компас 3Д. К категории бесплатных относятся Wings3D, Sketch Up от компании Google, а так же наиболее известная и популярная из всех – Blender [14]. Ниже приводится характеристика этих приложений:

3D max - очень популярная профессиональная программа, славится большим количеством функций. Применяется дизайнерами, аниматорами, мультипликаторами для создания различных анимаций, мультфильмов, и трехмерной графики в целом. Предусмотрено большое количество инструментария для создания как простых моделей, так и сложных, а значит эта программа подойдет большому кругу пользователей. Позволяет получить качественную 3D-модель любого предмета в большом разрешении с точностью до мелких деталей и затем её анимировать. Присутствует две версии программы – бесплатная (учебная версия) и платная [29].



Рисунок 17 – Пример работы и интерфейса в 3D Max

Autodesk Maya – профессиональное ПО используемое кинематографом и разработчиками игр. Она имеет разнообразные ресурсы для получения качественных и реалистичных 3D- моделей [38].



Рисунок 18 - Пример работы и интерфейс программы Autodesk Maya

AutoCad – создана для впечатляющего 2D и 3D моделирования и выпускается на 18 языках. Здесь проработанный и понятный даже новичку интерфейс. В ней можно воссоздать модель при помощи 2D инструментов, а в последствии дополнить её в трехмерном функционале. Также можно моделировать отдельные объекты и целые комплексы, а также создавать текстуры для игр. По своей сути является конкурентом российскому Компас-3D, однако имеет более удобный интерфейс и опции взаимодействия с пользователем, благодаря чему является более популярной и известной. К примеру, в Автокаде реализовано управление с помощью командной строки, а так же горячие клавиши, более удобна работа с текстом, что упрощает выполнение задач и ускоряет рабочий процесс [21].

Пример интерфейса и рабочего окна представлен ниже на рисунке 19.

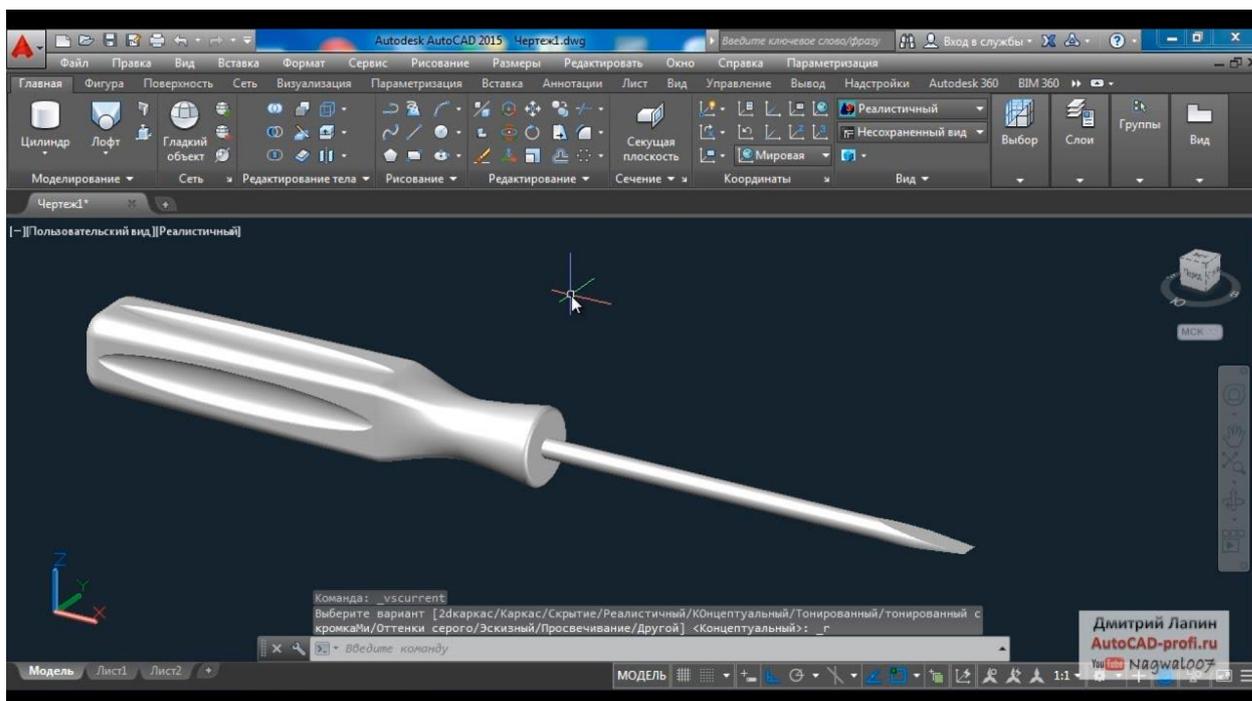


Рисунок 19 – Пример работы и интерфейса в Autocad

Sineta 4D – универсальная программа, разработанная для трехмерного моделирования и анимации. Имеет различный функционал и обладает простым интерфейсом, к тому же он имеет русский язык, что несомненно делает ее очень популярной среди русскоязычных потребителей [16].



Рисунок 20 - Пример работы и интерфейса в Sineta 4D

Компас 3D – программа для создания объёмных моделей. Содержит в себе математическое ядро для построения векторной графики, применяется в основном на каких-либо производствах инженерами для изготовления деталей, проектирования механизмов. Имеет поддержку множества языков, в том числе и русского, учитывая, что компания, создавшая программу – российская [15].

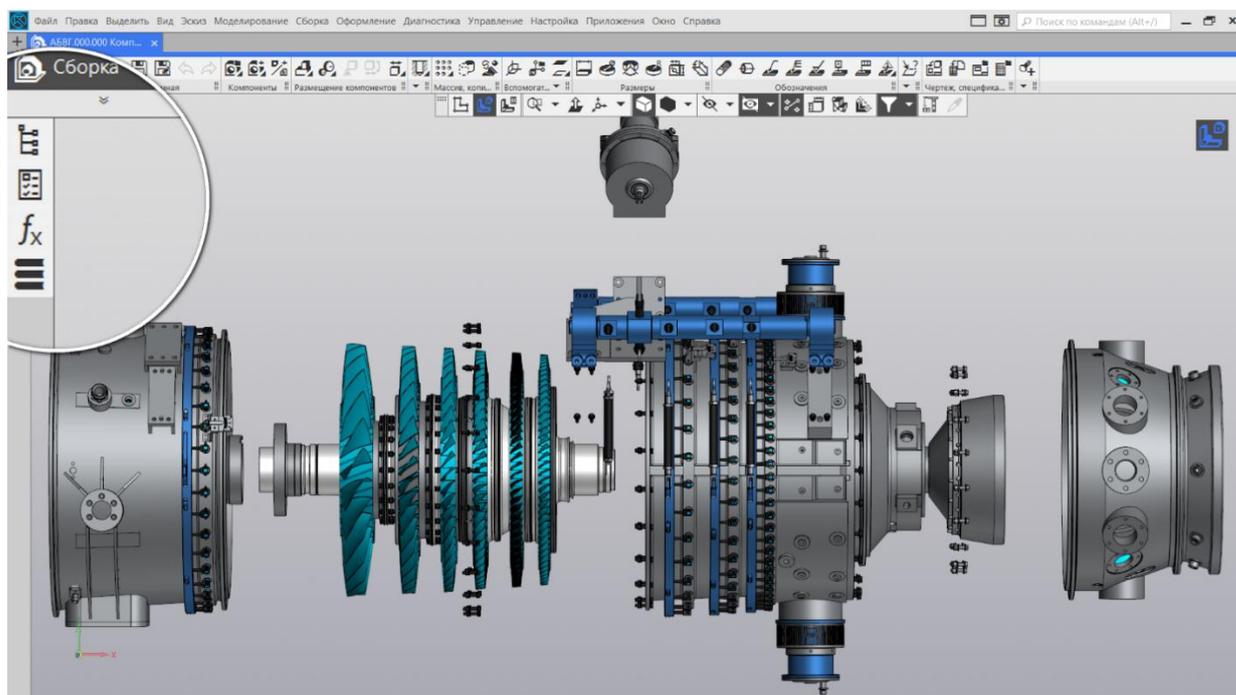


Рисунок 21 – Пример работы и интерфейса в Компас 3D

Rhinoceros – Изначально разрабатывался как самостоятельный плагин для Autocad, однако затем перерос в самостоятельную программу. Имеет довольно широкую область применения: применяется в различных архитектурных проектах, строительстве, для проектирования корабельных судов, в автомобильной промышленности для изготовления деталей, механизмов, расчёта механической прочности, в ювелирной промышленности для моделирования будущей огранки изделия. Так же используется и при создании компьютерных игр, анимаций. Имеет широкие возможности экспортирования и импортирования множества используемых на сегодняшний день расширений, что позволяет без проблем переносить полученные модели в другие программы или наоборот импортировать модели из них [45].

Пример интерфейса и работы выполненной в Rhinoceros'е приведен ниже на рисунке 20

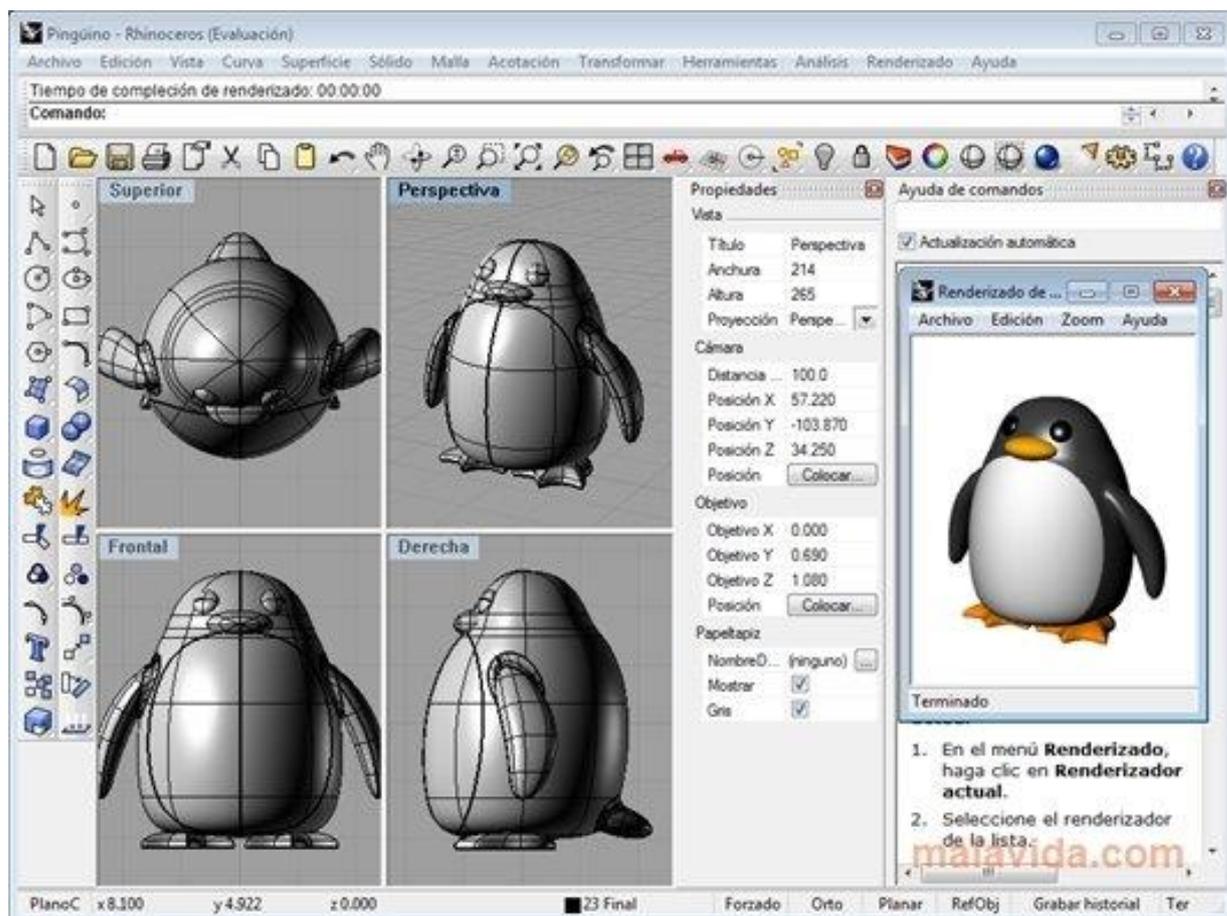


Рисунок 22 - Пример работы и интерфейса в Rhinoceros

Blender – специализированная программа для создания 3D-моделей, раз-
верток, создания анимация, рендеринга, обладает огромным функционалом, де-
лающим эту программу наиболее популярной для создания моделей в медиа и
игровом сегментах, а также имеет низкий порог вхождения для новичков и ло-
яльна к пользователям благодаря наличию большого комьюнити и видео-уро-
ков обучения работы с программой, различных гайдов. Кроме имеющего функ-
ционала, она сможет поддерживать другие плагины, которые помогают увели-
чить её возможности. Является полностью кастомизируемой, то есть настраива-
емой под себя. Ко всему прочему свободно распространяется и регулярно обнов-
ляется. Бюджет на обновления и поддержку программного продукта формиру-
ется из добровольных пожертвований его пользователей [14].



Рисунок 23 – Пример работы и интерфейса в Blender

Wings3D – Свободно распространяемая программа для начинающих, подойдёт для знакомства с 3D-моделированием. Имеет базовый набор функций, простой и понятный интерфейс, минимально нагруженный информацией. Однако для каких-то сложных деталей и проектов она не подойдёт ввиду своей ограниченности в возможностях. Создатель оставил открытый код, поэтому *Wings3D* опытным пользователям можно модернизировать по своему усмотрению и добавить необходимый функционал [28].

Пример интерфейса представлен на рисунке 24.

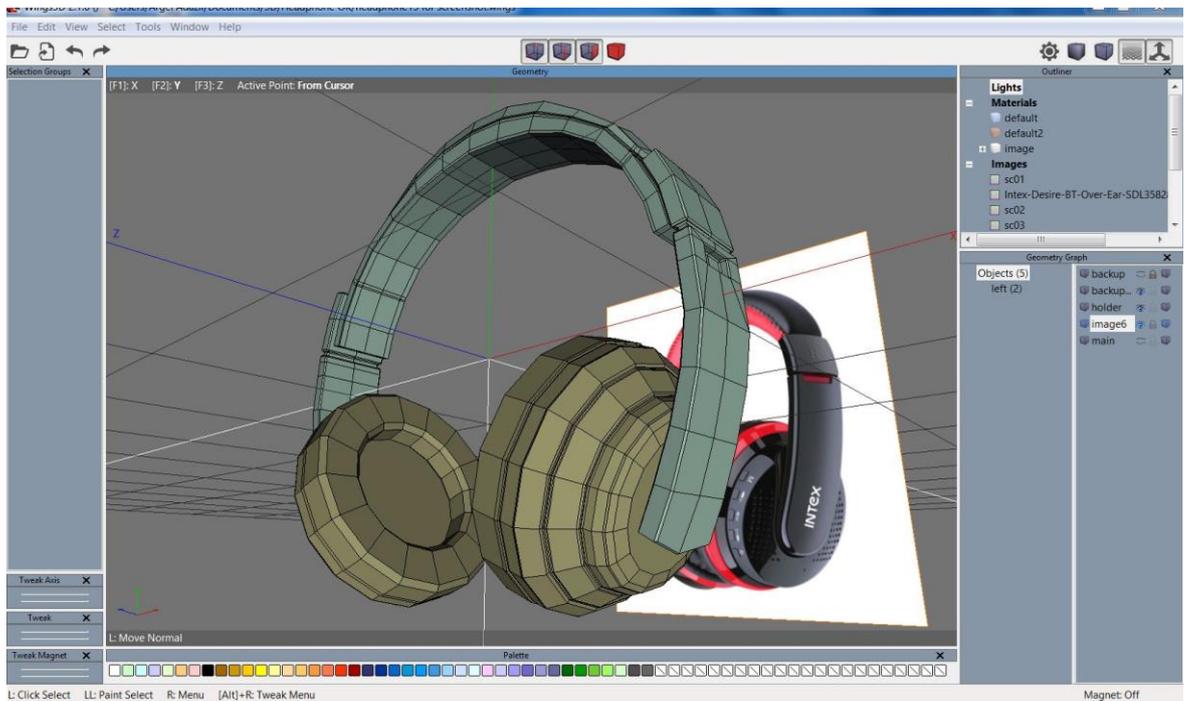


Рисунок 24 – Пример работы и интерфейса в Wings3D

Google SketchUp – В большей мере предназначена для проектирования помещений, зданий, сооружений. Позволяет просчитать нагрузки на несущие конструкции и визуализировать полученные результаты, показав наиболее нагруженные места с помощью выделения цветом. Имеет очень большое количество расширений, позволяющих настроить работу программы под каждую конкретную задачу [10].

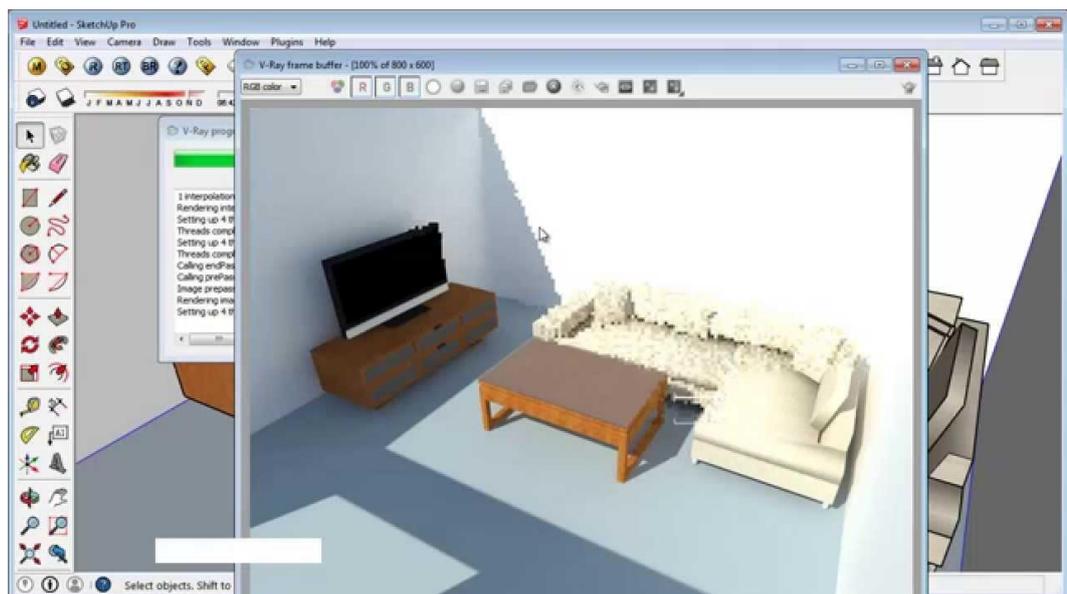


Рисунок 25 – Пример работы и интерфейса в Google SketchUp

Выбор программных средств для моделирования

В качестве создания основы для будущего собора был выбран Компас-3D, так как он имеет собственное математическое ядро и позволяет моделировать чертежи и модели в масштабе, с точностью до миллиметра, а в качестве программного обеспечения для доработки и нанесения текстур был выбран Blender, так как является самым популярным ПО, имеет огромное сообщество, предлагающее свою помощь, большое количество обучающих материалов, обладает огромным функционалом, прост и понятен в управлении, предназначен для визуализации и позволяет получать качественные высокополигональные модели, которые в дальнейшем можно просто текстурировать за счёт встроенного модуля, позволяющего делать развертки. Так же большим преимуществом Blender является то, что он свободно распространяется. Рассмотрим более конкретно каждый из них [37].

«Компас-3D» - российское программное обеспечение из разряда систем автоматизированного проектирования (САПР), обладает универсальными возможностями для работы в различных сферах, предлагает возможности в короткие сроки изготовить схемы для различных деталей [13].

Программные продукты этого типа могут самостоятельно создавать проекции каждого вида создаваемых трёхмерных объектов (не исключая различных видов и разрезов). Они все тесно взаимосвязаны с 3D-моделью: то есть если мы изменяем какую-то деталь на двухмерном чертеже, то эта деталь таким же образом меняется и на создаваемой трехмерной модели.

Построение стандартных видов происходит в программе автоматически сразу с использованием метода ортогонального проецирования, то есть с учетом связи проекций между собой. Вся информация о двухмерном чертеже копируется и переносится автоматически в чертеж с трехмерной моделью (название работы, стадия и т.д.). Так же возможно автоматически получить спецификацию к

выполняемой модели/чертежу, при условии, что чертеж будет выполняться грамотно. При изменении чертежа или модели, спецификация будет тут же пересчитана и изменена без участия человека, но это работает так же и наоборот, то есть можно поменять чертеж изменив спецификацию.

Знач	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
			<u>Документация</u>		
А3		КС 01.220.00 СБ	Верхний электроддержатель		
			<u>Детали</u>		
	1	КС01.220.01	Электроддержатель	1	
	2	КС01.220.02	Установ пластин	2	
	3	КС01.220.03	Винт установочный	2	
	4	МРС 01510.04-01	Электрод	4	
	5	МРС 01510.08	Штицер	2	
			<u>Стандартные изделия</u>		
	8		Винт М6-6дх20 ГОСТ 11738-84	4	
	9		Винт М8-6дх12 ГОСТ 11738-84	4	
	10		Винт А2М3-6дх10 ГОСТ 17475-80	4	
	11		Магнит	4	

Рисунок 26 – Пример автоматически выполненной спецификации

Данная программа используется при выполнении проектирования различных деталей с использованием ассоциативной логики (даже для выполнения деталей, которые формируются из листа металла с помощью его изгибов), единичных сборочных элементов, сложных механизмов. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе спроектированного ранее прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства [15].

Компас-3D состоит из нескольких модулей, что позволяет ему быть многофункциональным и универсальным: модуль для построения твердотельных моделей, которые в дальнейшем можно распечатать на 3D-принтере, многокомпонентная система автоматизированного проектирования «Компас-График», а также модуль, отвечающий за автоматическое составление спецификаций к чертежам и моделям. Отличительной чертой Компаса является то, что он обладает собственным математическим ядром и уникальной системой параметрического проектирования [30].

Blender

Blender – программное обеспечение для профессиональной работы с трехмерными моделям, компьютерной графикой. Является свободно распространяемым. Обладаем функционалом для скульптинга лиц, физических тел, моделирования ландшафта, персонажей, вещей, механизмов и т.д., позволяет создавать симуляции, заниматься постобработкой модели, её рендерингом, монтировать видеоролики с наложением звука, выполнять 2D-анимации.

На данный момент является одним из наиболее популярных и востребованных средств трехмерного проектирования, активно развивается и поддерживается создателями [37].

Так же его выгодно отличает небольшой размер самого приложения, в сравнении с аналогами и не высокие системные требования. Дистрибутив не включает в себя документацию по использованию, однако её можно получить в сети Интернет. Так же программа обладает своим облачным хранилищем «Blender Cloud», где любой желающий пользователь может поделиться своей работой, либо скачать чужую. Там же доступны демонстрационные сцены от создателей [43].

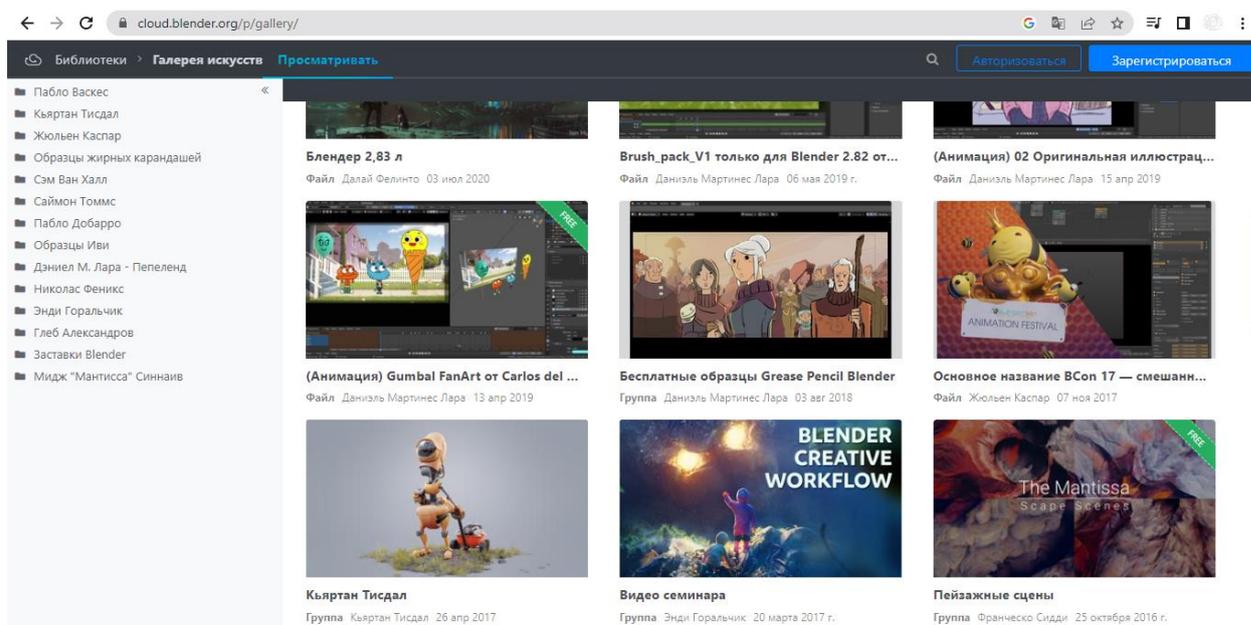


Рисунок 27 – Пример работ размещаемых в сообществе Blender Cloud

Функциональные возможности распространяемого пакета дистрибутива:

- поддерживаются всевозможные геометрические примитивные фигуры, не исключая полигональных моделей, поддержка кривых Безье, системы быстрого моделирования, используя режим subdivision surface (SubSurf), моделирование методом скульптурирования, встроенные векторные шрифты;

- разноплановые встроенные средства для рендеринга в совокупности с интеграцией с внешними средствами для рендеров такими как: Yet Another Free Raytracer, самостоятельной системой рендеринга LuxCoreRender и множеством других;

- богатый инструментарий для создания анимаций, который включает в себя инверсную кинематику, анимацию с учетом скелетной физики и сеточной деформации, анимирование по важным кадрам, не линейное анимирование, редактор весового коэффициента вершин;

- отображение динамики мягких и твердых тел (в том числе определение конфликтов объектов при взаимном действии друг на друга), твердотельная динамика основана на использовании движка для физических тел – Bullet;

- встроенная система для обработки и управления частицами, которая включает также систему отображения физики волос на основе частиц;
- написан на известном языке программирования – Python, который задействован в качестве средства определения внешнего вида окна пользователя, для формирования набора инструментов, логических вычислений при создании игр, в качестве средства для экспорта и импорта, автоматизации задач [44];
- позволяет делать качественную и быструю UV-развертку;

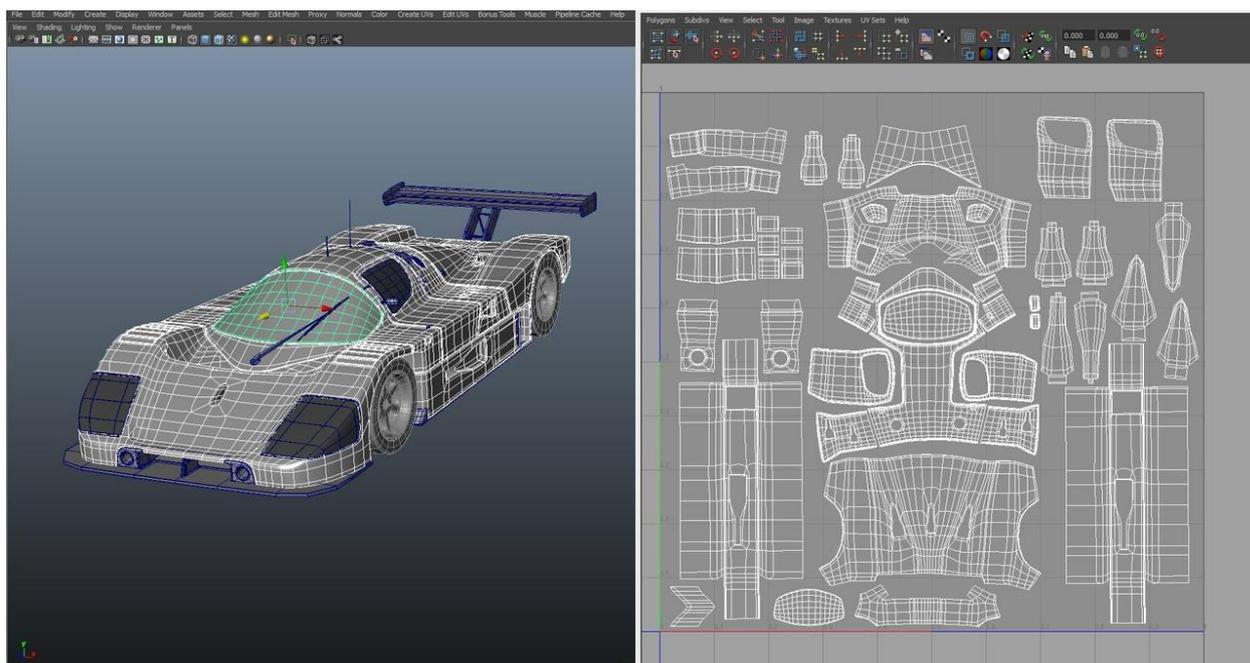


Рисунок 28 – Пример развертки в Blender

- обладает базовым функционалом для монтажа видео и аудио с использованием нескольких дорожек одновременно;
- совмещение и наложение видео друг на друга, функции для работы с хромакеем;
- отслеживание в реальном времени положения объектов и камеры;
- контроль в режиме реального времени рендера модели и симуляций;
- *grease Pencil* - это особый инструмент в среде Blender, который позволяет вам рисовать в 3D-пространстве;

- blender Game Engine - модуль для Блендера, который позволяет использовать богатый функционал для создания собственных игр на встроенном движке, содержит в себе функции для определения противоречий, программирования логики взаимодействия объектов между собой, построения сцен, эффектов и т.д. [49].

Adobe Photoshop

Это популярный программный продукт для редактирования растровой графики, который был разработан Adobe Incorporated для большинства известных операционных систем. Его первая версия датируется 1987 годом, создали её братья Джон Нолл и Томас Нолл. С тех пор это программное обеспечение стало наиболее часто используемым инструментом для профессионального цифрового искусства, особенно для редактирования растровой графики. Название программного обеспечения часто в разговорной речи используется как глагол (например, «отфотошопить изображение», «фотошопинг»), хотя Adobe не одобряет такое использование [46].

Photoshop может редактировать и компоновать растровые изображения в несколько слоев и поддерживает маски, альфа-композилинг и несколько цветовых моделей. Photoshop использует собственные форматы файлов PSD и PSB для поддержки этих функций. В дополнение к растровой графике Photoshop имеет ограниченные возможности редактирования или рендеринга текста и векторной графики (особенно за счет обрезки контура для последней), а также 3D-графики и видео. Его набор функций может быть расширен плагинами - программами, разработанными и распространяемыми независимо от Photoshop, которые работают внутри него и предлагают новые или улучшенные функции [48].

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ШАДРИНСКОГО СОБОРА

3.1 Создание трехмерной модели Шадринского собора

3.1.1 Методика разработки детализированных моделей

Разработка 3D-модели включает в себя следующие этапы:

- а) выделение основных элементов сооружения;
- б) создание общей модели сооружения;
- в) детализирование уникальными элементами и деталями.
- г) наложение текстур высокого разрешения

3.1.2 Выделение основных элементов сооружения

Первый этап заключается в анализе элементов используемых при построении объектов. Для этого используются имеющиеся чертежи, сведения об воссоздаваемом объекте. Объект необходимо разбить на составные части из простых фигур и смоделировать их в необходимом масштабе и с учетом масштабируемых размеров. Уже на данном этапе следует задуматься об удобстве создания физического макета, следует найти компромисс, между тем как могло быть в реальности и как можно отобразить на макете [50].

Если смотреть на существующие фото Шадринского собора, а так же его близнецов, то можно выделить, что трапезная представляет собой параллелепипед, так же как и приделы собора, купол представляет собой сферу, над которой необходимо произвести операцию вытягивание, барабан под куполом можно сформировать цилиндром, шатёр церкви является пирамидой, навершие шатра представляет собой цилиндр, над которым следует произвести такие операции как: выдавливание, вырезание, для создания выступов, над шатром куполок можно сформировать сферой, затем вытянуть под необходимые формы.

Большинство элементов были созданы путем создания чертежа двухмерной фигуры, затем операций выдавливание, а также зеркало.

3.1.3 Создание общей модели сооружения

Общая модель собора создавалась в Компас-3D, так как он позволяет чертить в масштабе, с большой точностью, имеет встроенную систему координат [15].

Первоначально, имея исходные данные в виде исторических чертежей Харбинского собора (рис. 9, рис.10), которые с большой долей вероятности на самом деле принадлежат Шадринскому собору, учитывая старославянскую письменность в заголовке чертежей, а так же тот факт, что Софийский собор в г. Харбин строился на основе Шадринского собора, необходимо смоделировать основные геометрические формы модели церкви, а именно: основание церкви, 2 придела, шатры, купола, портал. Моделирование будет происходить в Компас-3D. При создании модели первоначально выбирается плоскость в которой будет строить, далее на эту плоскость накладываются имеющиеся чертежи, на основании которых чертится периметр здания в 2D, затем этот 2D объект с помощью функции выдавливания преобразуется в 3D объект, путём указания толщины и глубины, основываясь на плане здания.

После создания основных геометрических форм, мы имеем низкополигональную модель собора, которая впоследствии будет детализироваться и совершенствоваться, будут добавлены характерные архитектурные элементы (фрески, окна, иконы, бордюры, луковки и т.д.)

Результат низкополигональной модели показан ниже на рисунках 29-31.

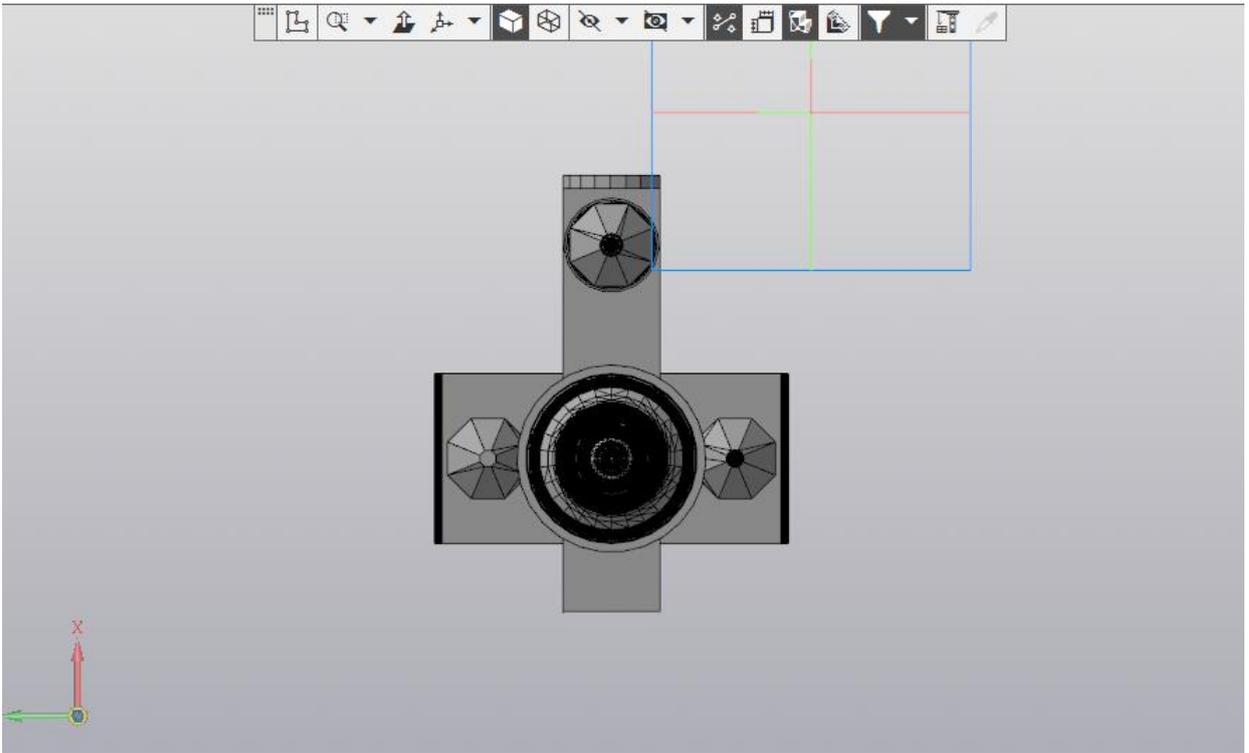


Рисунок 29 – Низкополигональная модель собора, вид сверху

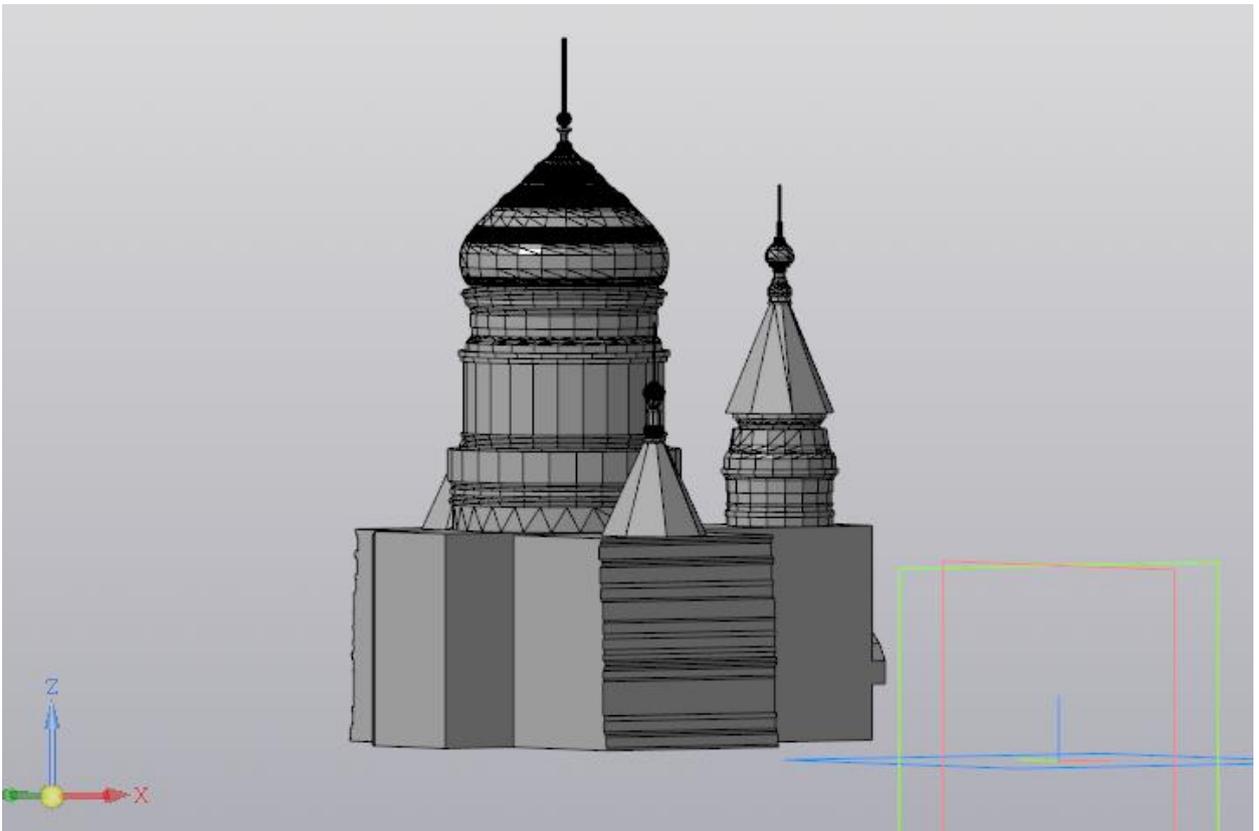


Рисунок 30 – низкополигональная модель собора, вид сзади

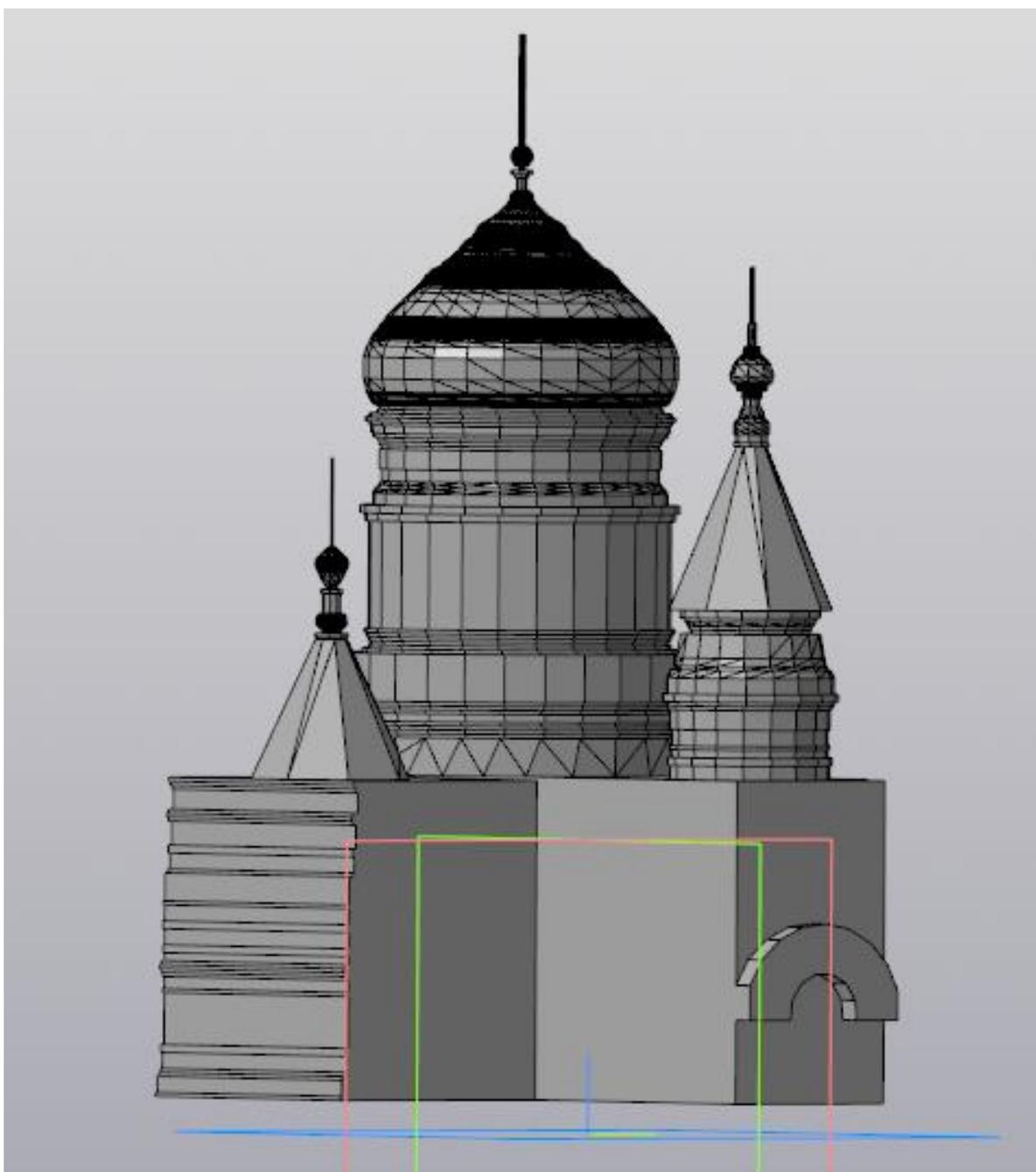


Рисунок 31 – низкополигональная модель собора, вид спереди

3.1.4 Детализирование модели уникальными элементами и деталями

На данном этапе мы экспортируем готовую модель основных геометрических форм в Blender в расширении поддерживаемом блендером, в нашем случае это .stl, затем в трехмерном пространстве Blender на основе упрощенной модели (используется как ограничительный каркас) создается подробная модель. Все последующие детали создаются на основе базовых путем использования инструментов Blender:

- а) масштабирование (изменение размера);
- б) перемещение (изменение положения);
- в) вращение (изменение ориентации);
- г) дубликация (создание копии объекта);
- д) сечение (разрезание плоскостью);
- е) экструдирование (выдавливание региона плоскостей/ребер);
- ж) разрезка петель (рассечение на основе характеристик объекта);
- и) создание ребра/границы (заполнение двух вершин отрезком, трех и более вершин гранью);
- к) соединение кольца ребер (соединение двух замкнутых контуров гранями) и др.

В редких случаях так же возможно использование инструмента логических операции (вычитание, пересечение, объединение), но данный инструмент работает в Blender непредсказуемо. Так же для сложных геометрически объектов можно использовать трехмерный скульптинг.

Ниже на рисунке 32 представлена модель навершия, используемая для украшения окон. Модель получена путем создания прямоугольного блока, затем изгибов, после чего данный объект был разделен гранями в трех местах для формирования ступеней методом выдавливания.

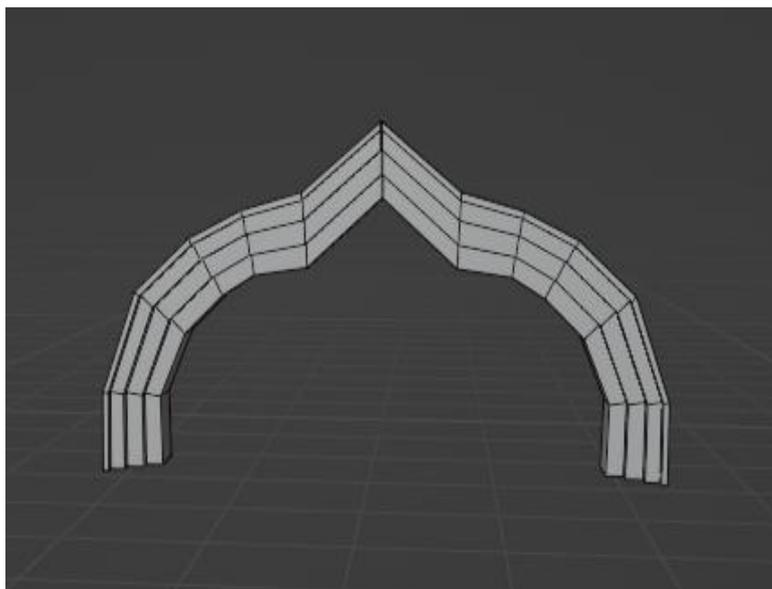


Рисунок 32 – Модель навершия для окна

На рисунке 33 показана модель обрамления окон. Данная модель встречается практически в качестве украшения всех оконных проёмов по обе стороны, была сделана путем копирования повторяющихся частей, которые в свою очередь выполнялись усечением куба с редактированием его вершин, благодаря чему удалось получить ромбическую форму изделия, последовательность задана из двух ромбов, в окончании которого существует характерный выступ, расширение, затем они копировались и накладывались друг на друга до необходимой длины элемента.

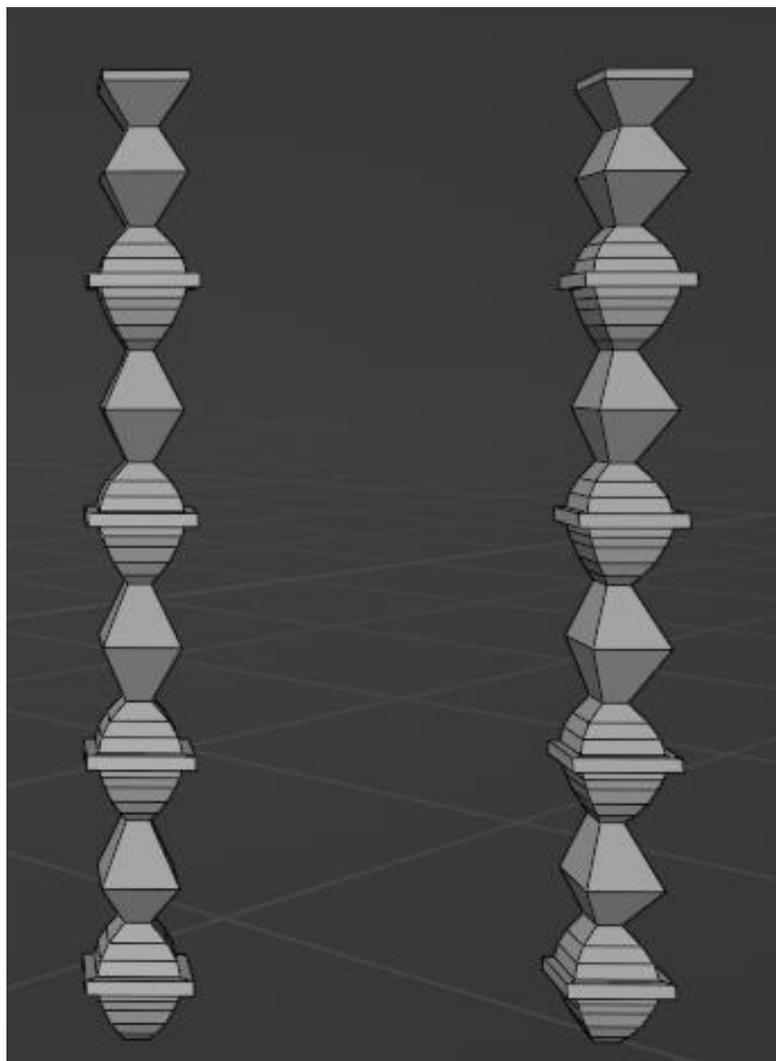


Рисунок 33 – Модель ставен

Объединив модель на рисунке 32 с моделью на рисунке 33, мы получаем готовое собранное воедино украшение для окон.

Ниже на рисунке 34 представлен вид объединенного элемента украшения.

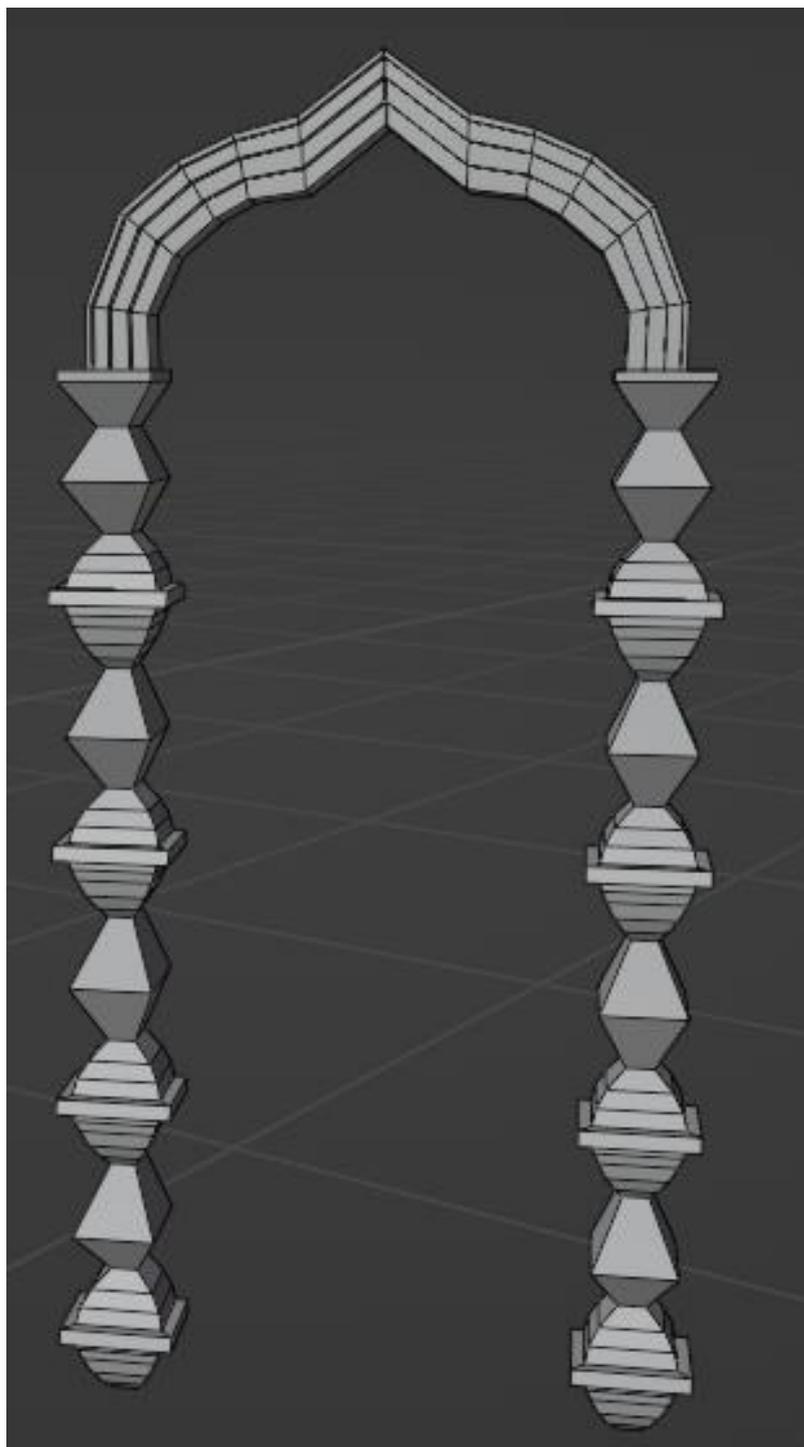


Рисунок 34 – Элементы украшения окон

Ниже на рисунке 35 показана модель основного купола собора, для его создания была выбрана сфера, затем были произведены операция экструдирования и выдавливания, в ходе чего модель была поделена на большое количество ребёр, каждое из которых изменялось отдельно, как по высоте, так и ширине, в результате получилась модель в форме луковки, для навершия использовался так же

прямоугольник, рассеченный на несколько граней, для создания сверху выпуклости, игла, на которой будет располагаться крест была сделана из конуса.

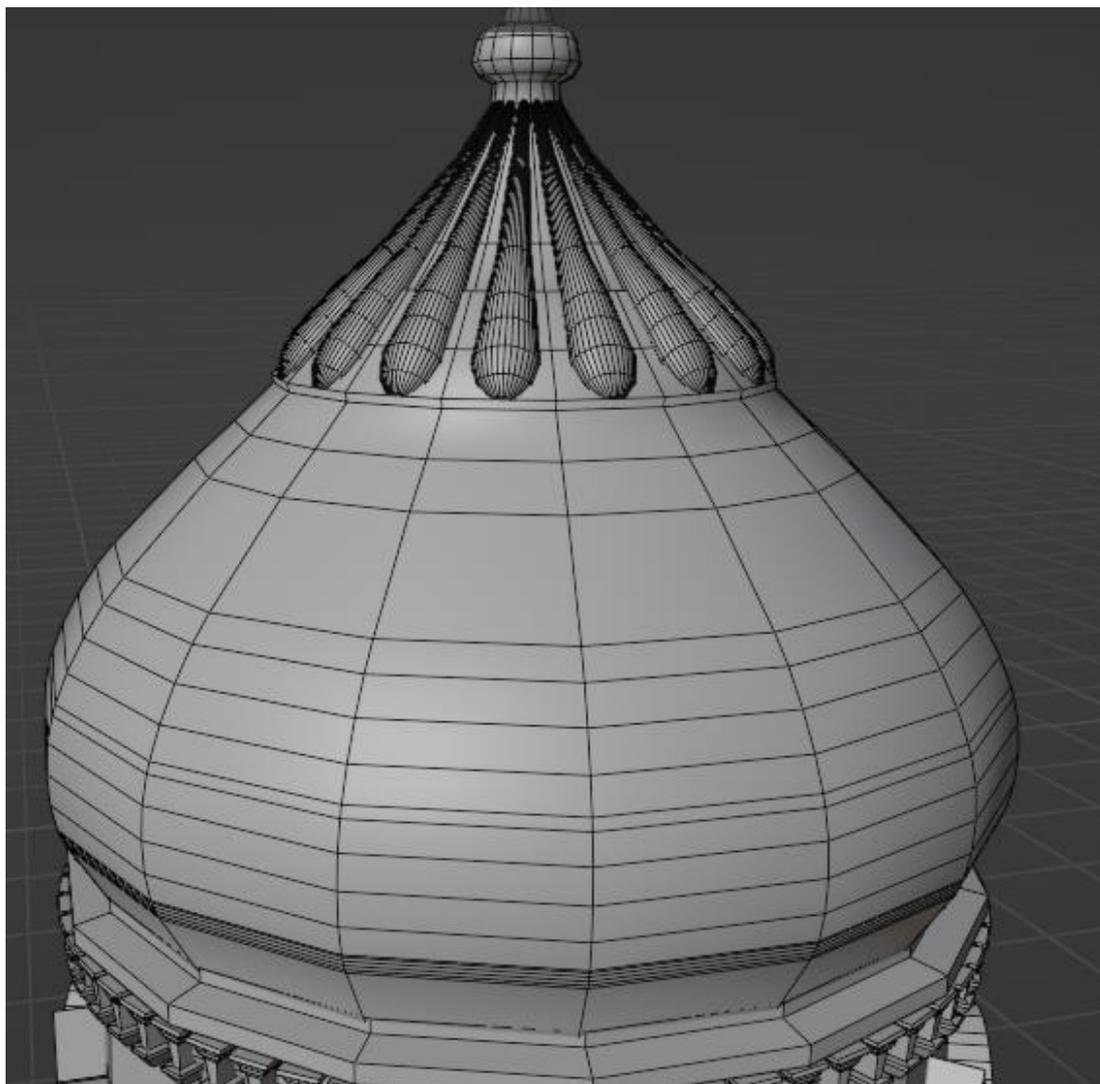


Рисунок 35 – Модель купола

Модель луковки для украшения фасадных частей была сделана из куба в режиме редактирования, открыв который можно управлять каждой вершиной и гранями отдельно, затем отредактировав модель по нашему усмотрению, была использована операция smooth для скругления всех углов.

Результат представлен на рисунке 36. Данный элемент довольно часто встречается в рамках всей модели Шадринского собора, его можно встретить на рисунке 37, в качестве украшения по периметру купола, а так же на рисунке 38 в качестве оформления украшений барабана.

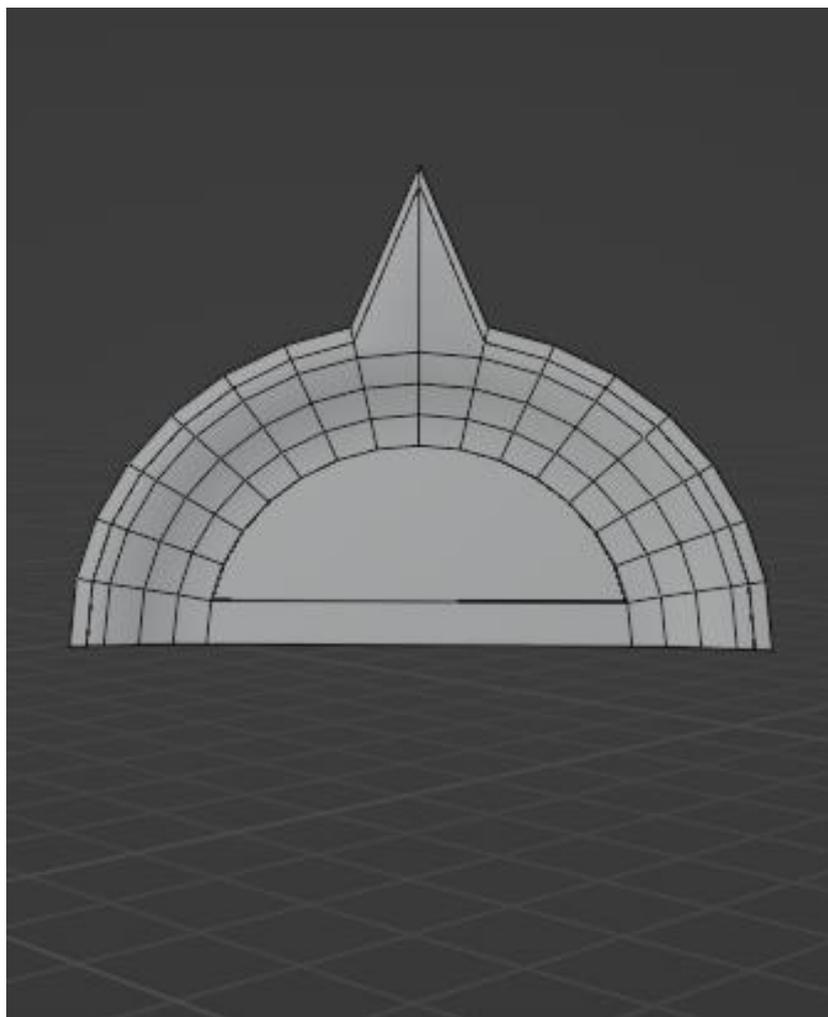


Рисунок 36 – модель луковки

Модель маленького купола была выполнена по аналогии с большим, отличия заключаются в том, что у основания купола есть выступающие части, вокруг самой широкой области которых располагаются элементы украшения созданные выше.

Купол присоединён к шатру. Шатер создавался путем формирования дополнительных ребёр у пирамиды. Затем с помощью операции выборочного выделения, координаты этих ребёр были изменены на одну и ту же заданную величину, относительно нуля координат, расположенного в центре пирамиды, благодаря чего пирамида приобрела нужное нам количество граней и форму.

Результат маленького купола и шатра представлен на рисунке 37



Рисунок 37 – Модель маленького купола с шатром

На рисунке 38 слева изображена воссозданная модель креста Шадринского собора, а оригинал представлен на снимке справа. При сравнении наглядно видно, что удалось достичь полной идентичности по форме.

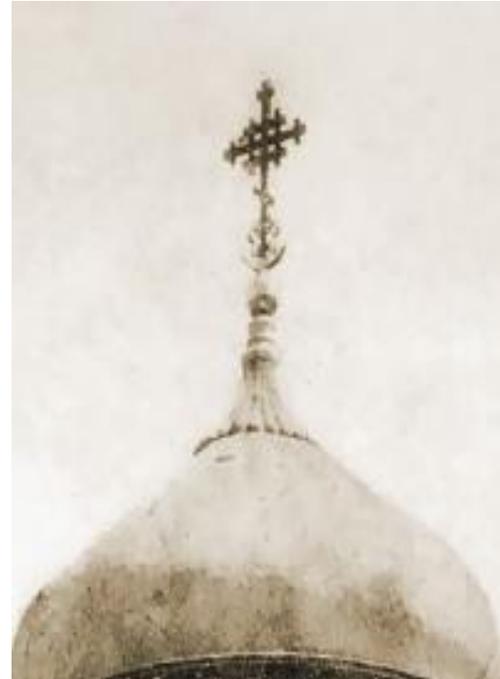
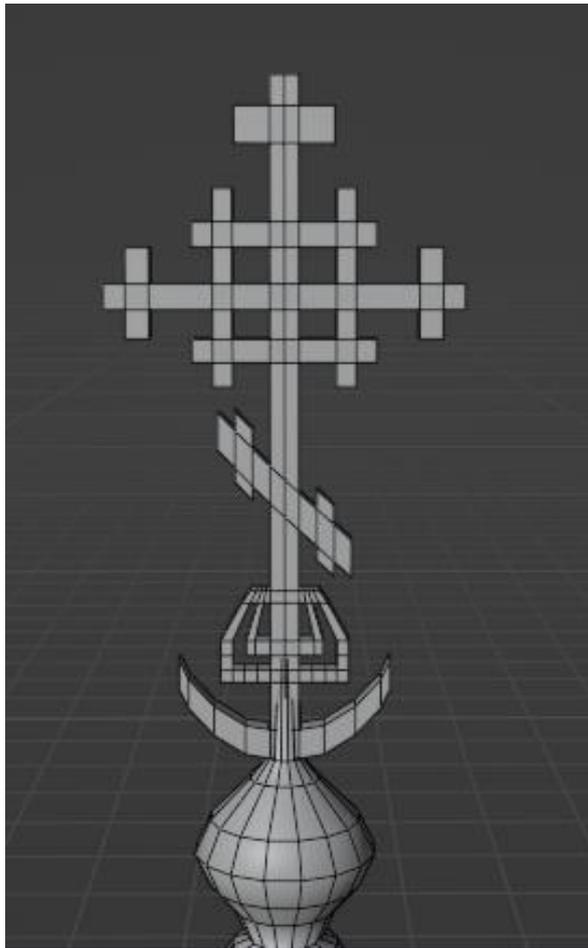


Рисунок 38 – Модель креста Шадринского собора

На рисунке 39 показан барабан, на вершине которого выступает купол в виде луковки. Барабан формировался мешем цилиндра, который был растянут по вертикали и горизонтали под необходимые размеры. Украшением барабана выступают различные ступеньки, луковки по периметру, а так же вырезы в виде окон под ними. Вырезы были сделаны в режиме произвольного рисования на модели барабана, затем нарисованные фигуры были выдавлены внутрь.

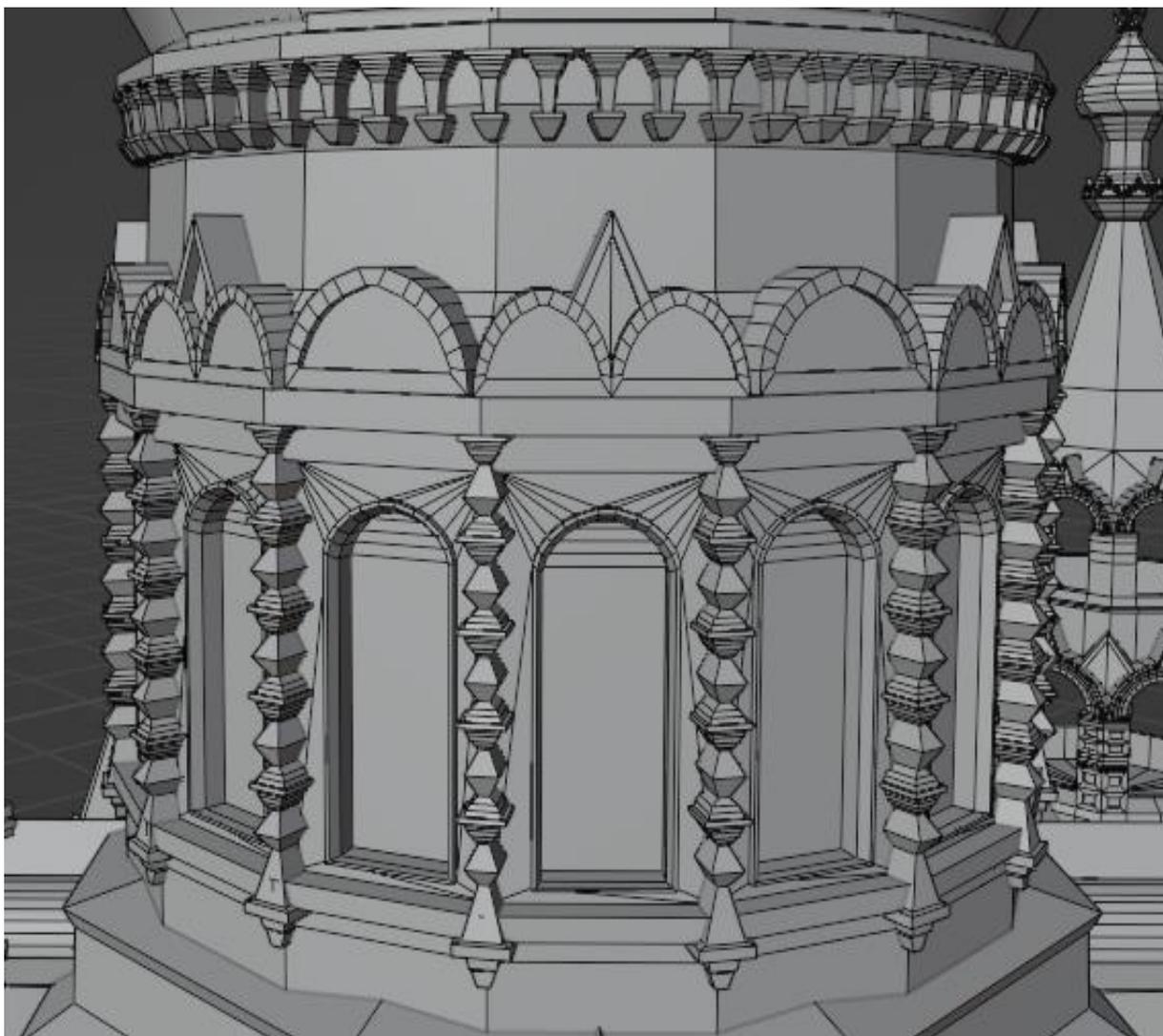


Рисунок 39 – Оформление барабана

На рисунке 40 показан портал. Однако на данном этапе выполнения работ, он имеет ряд недоработок. Самой значительной является отсутствие при портале крытого церковного предбанника. Было решено что данная деталь будет создана после завершения основных работ и текстурирования. Портал был сформирован из множества геометрических форм. Основным используемым мешем здесь выступал куб, который всячески редактировался, изгибался, а так же сферы.



Рисунок 40 – Модель портала

Модель башни в которой располагались колокола представлена на рисунке 37. В своём основании она имеет многоугольник и делится перегородкой на два яруса разной ширины. Украшена полусферами, ступеньками, луковками, сделанными выше, однако гораздо большего масштаба. По периметру поддерживающих колонн выдавлены внутрь прямоугольники, которые далее будут заполняться витражным рисунком на этапе текстурирования.

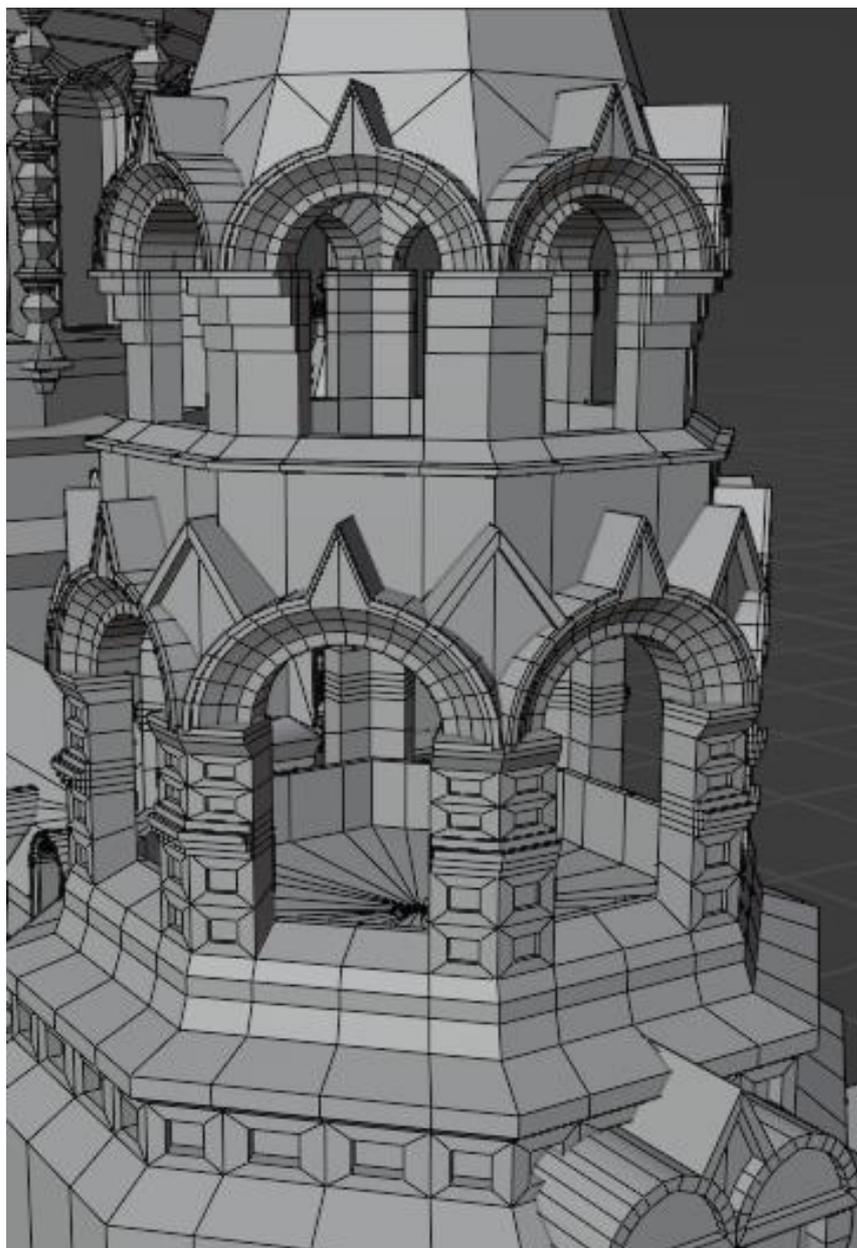


Рисунок 41 – Модель башни

В результате различных манипуляций с основными созданными элементами, была создана детализированная версия Шадринского собора. На рисунках 42-46 показаны снимки выполненной детализации модели с различных ракурсов.

Для полученной модели характерно большое количество полигонов. Это необходимо для высокой четкости отображения трехмерного объекта и отсутствия эффекта «замыливания» при увеличении.

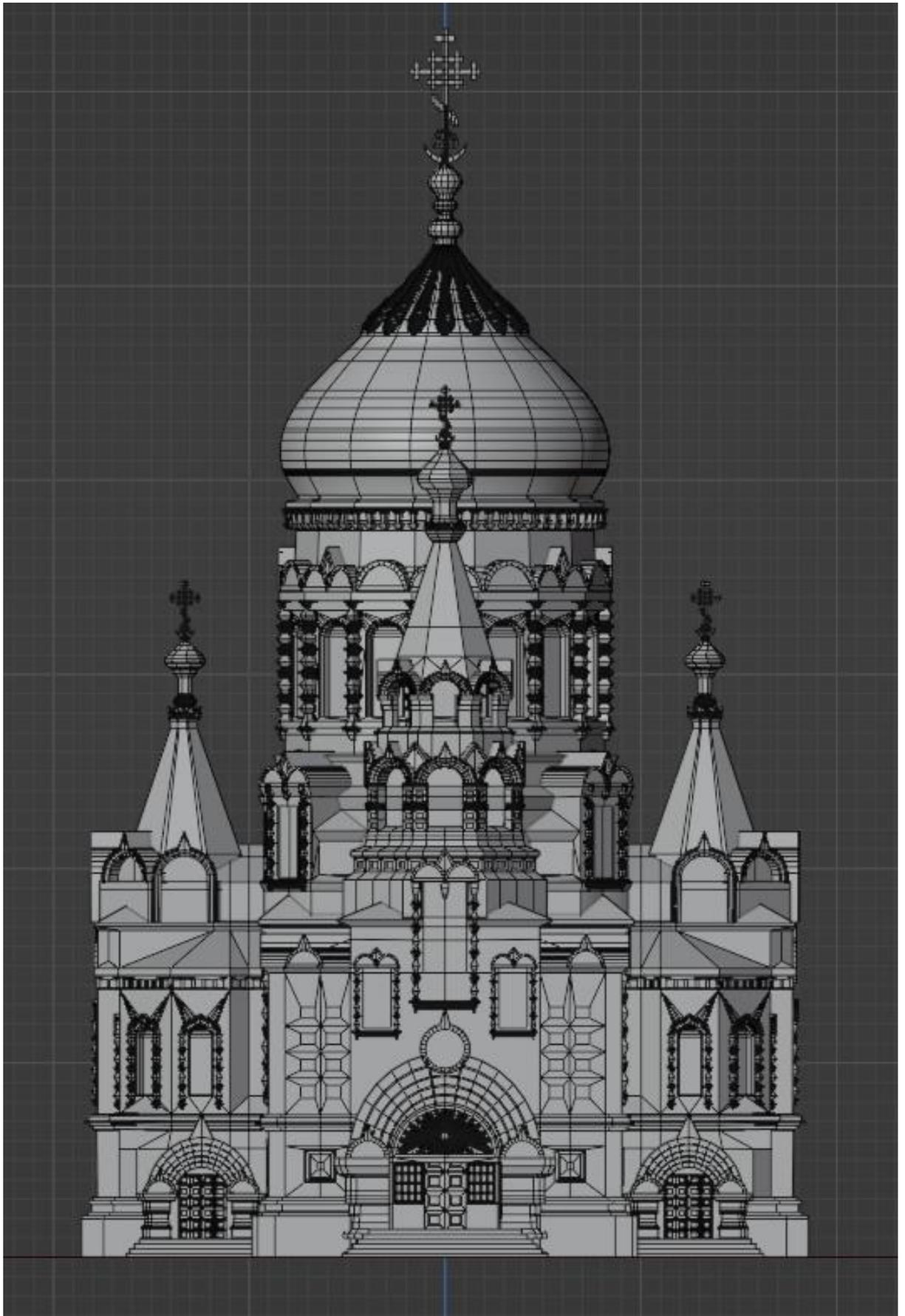


Рисунок 42 – Детализированная модель Шадринского собора, вид спереди

Внутри модель создавалась пустотелая. Это необходимо для уменьшения размера файла в программе. А так же необходимость создавать заполненную внутри объемом фигуру существует только в том случае, если в дальнейшем она будет печататься на 3D-принтере, так как в этом случае ей нужно будет иметь жесткость, чтобы она не разрушилась под своим же весом.

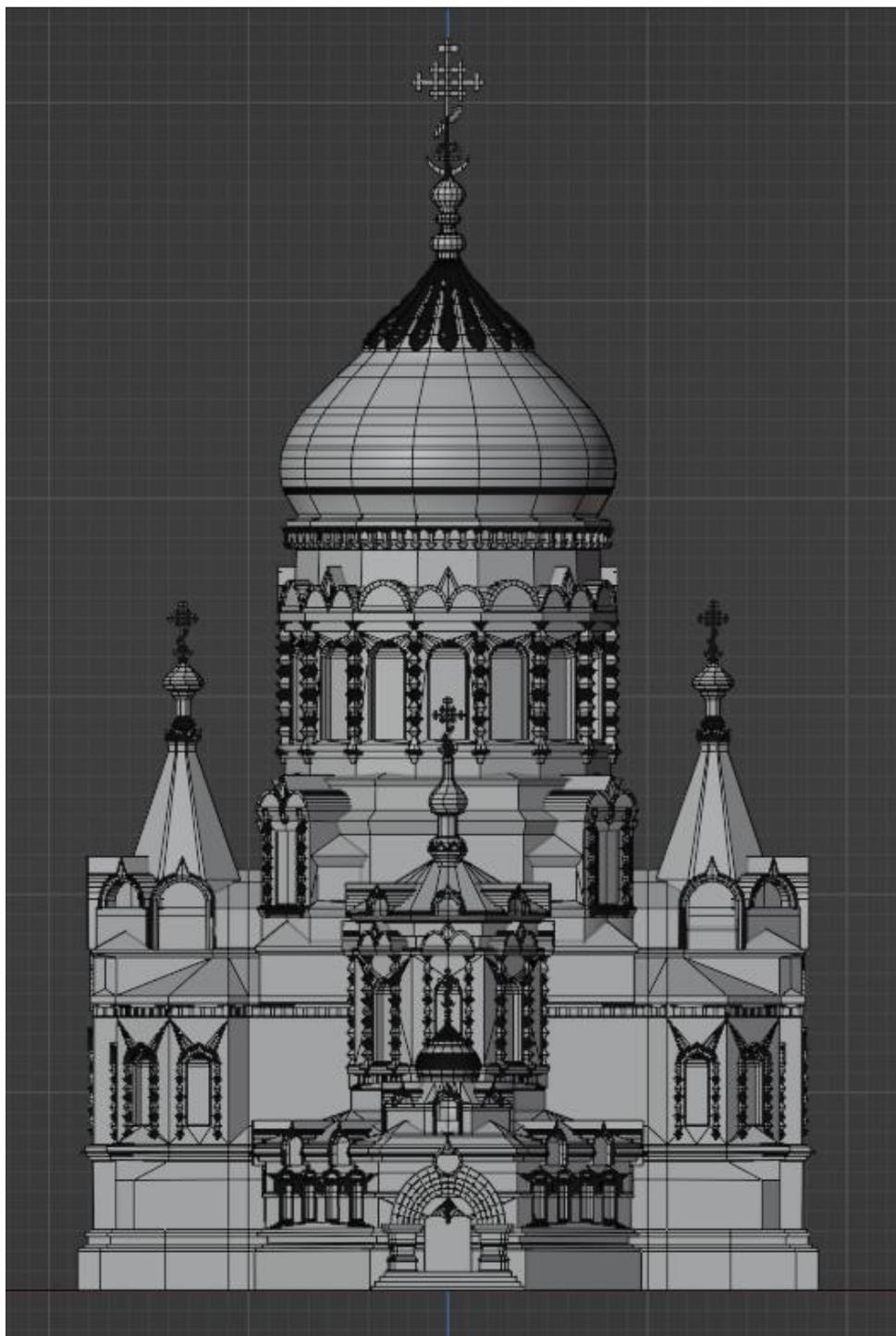


Рисунок 43 – Детализированная модель Шадринского собора, вид сзади

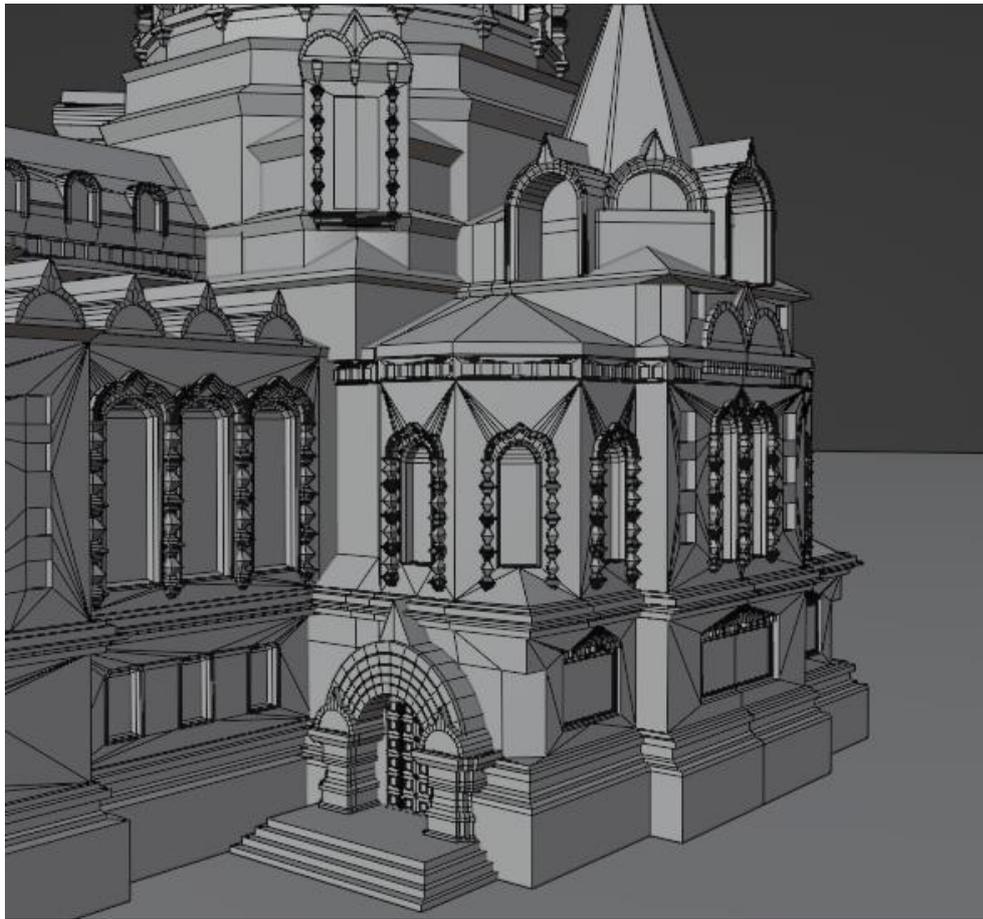


Рисунок 44 – Детализированная модель Шадринского собора, вид на придел

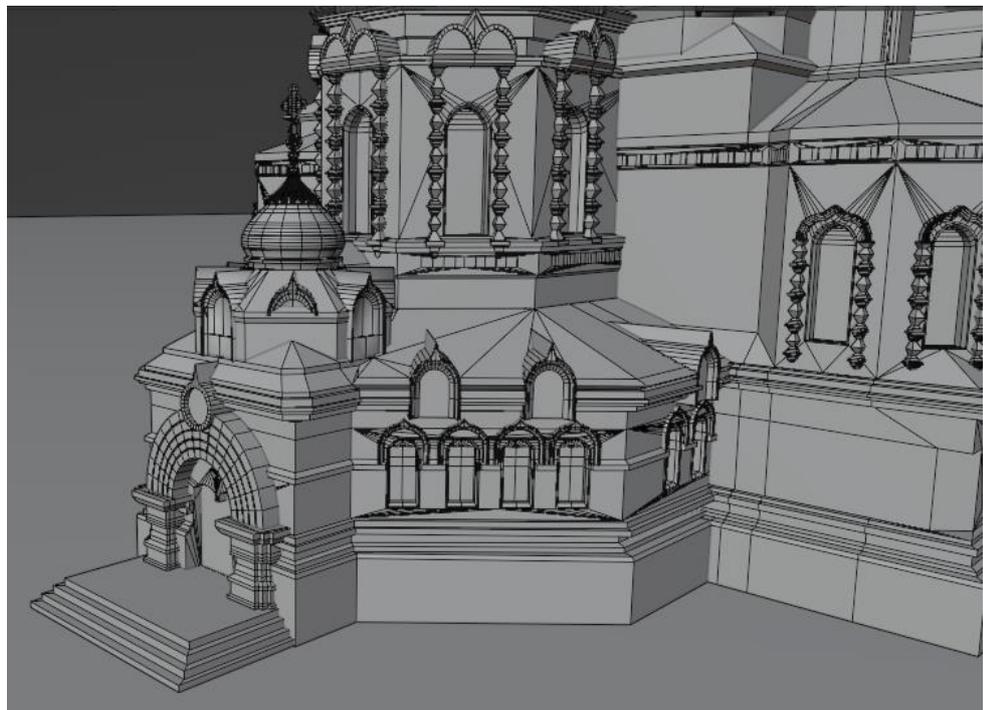


Рисунок 45 – Детализированная модель Шадринского собора, вид на алтарную часть

На рисунке выше мы видим характерную отличительную особенность от воссозданной версии Шадринского собора амурским архитектором – Валерием Сикериным – а именно в алтарной части. На нашей модели она округлая по своей форме, в то время как на модели Валерия Сикерина она выполнена в форме шатра.

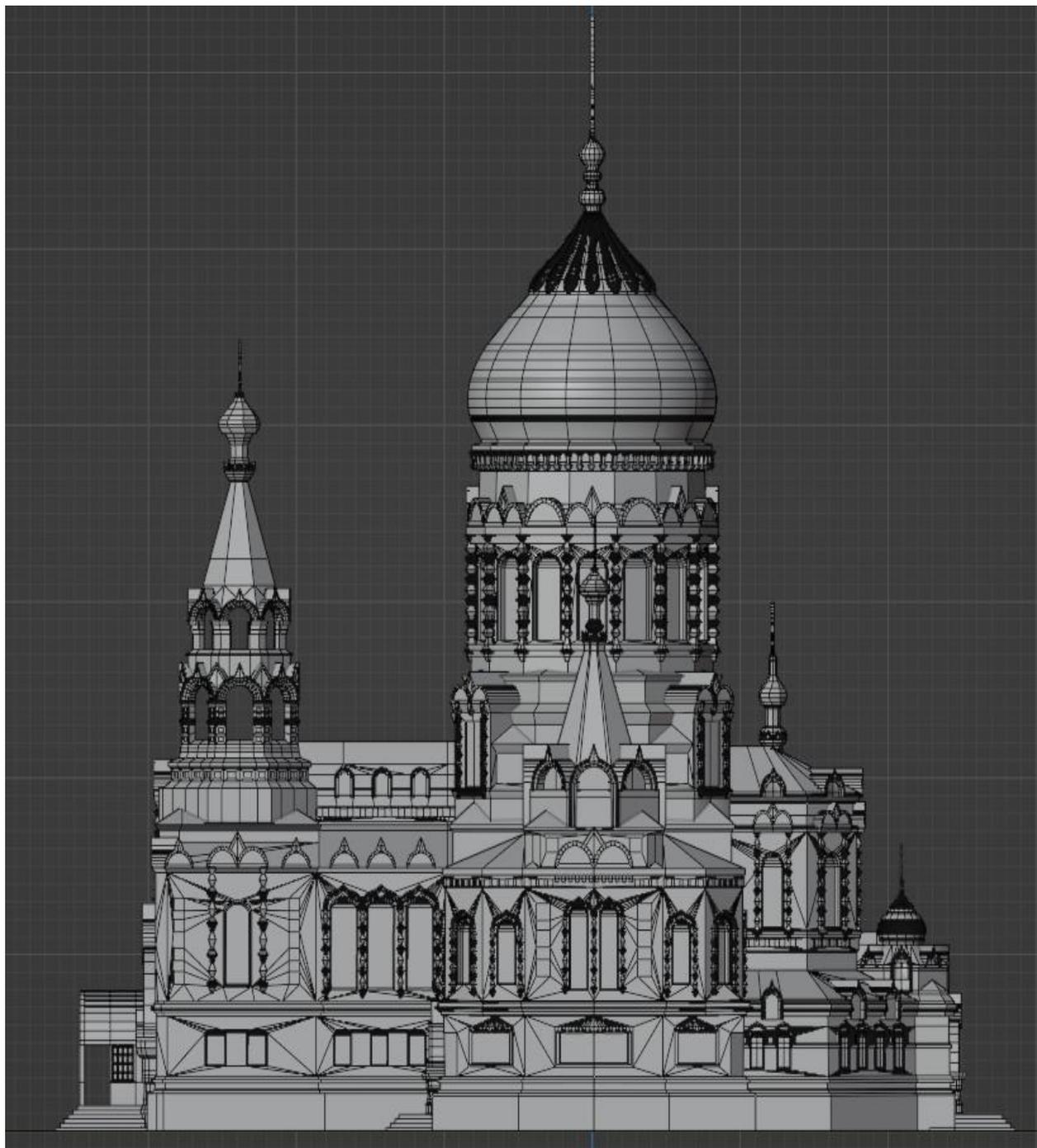


Рисунок 46 – Детализированная версия Шадринского собора, вид сбоку

3.2 Текстурирование модели Шадринского собора и финальный результат.

Текстурирование в Blender'е выполняют для того, чтобы добиться большей реалистичности материалов, объектов, суть состоит в том, чтобы использовать материалы из реального мира и наложить их на трехмерный виртуальный объект. Текстуры позволяют раскрашивать поверхности с помощью готовых изображений, получать карты местности с рельефом и т.д [27].

Если брать mesh-объекты, состоящих из сеток или полисеток, то текстурирование происходит с наложением материала поверх. Чтобы использовать текстуру, её необходимо привязать к объекту [32].

Также к материалу может быть применено сразу несколько текстур, общий результат будет складываться из суммы эффектов этих двух текстур [36].

Почти каждый из нас имеет представление как сделана коробка из картона. Если её распечатать, затем вырезать и согнуть методом оригами, то получим коробку.

Примитив в виде куба в Blender'е мы тоже можем рассмотреть в виде такой же коробки, а затем как бы вернуть его в исходное не собранное состояние. Для этого необходимо выбрать ребра, по которым будут осуществляться разрезы, а затем программа автоматически их разрежет, и вывернет куб чтобы получилась плоская фигура. Сейчас мы привели упрощенный абстрактный пример для понимания сути UV-развертки [42].

Теперь продемонстрируем на примере отдельной части создаваемой модели собора (модель собора не одна единая структура, она состоит из многих составных частей, это нужно для удобства выполнения развертки и редактирования) как это происходит от момента получения развертки до момента получения готовой модели с нанесенными текстурами. Для примера выберем основание колокольни, подсвеченное желтой обводкой (рис. 47).

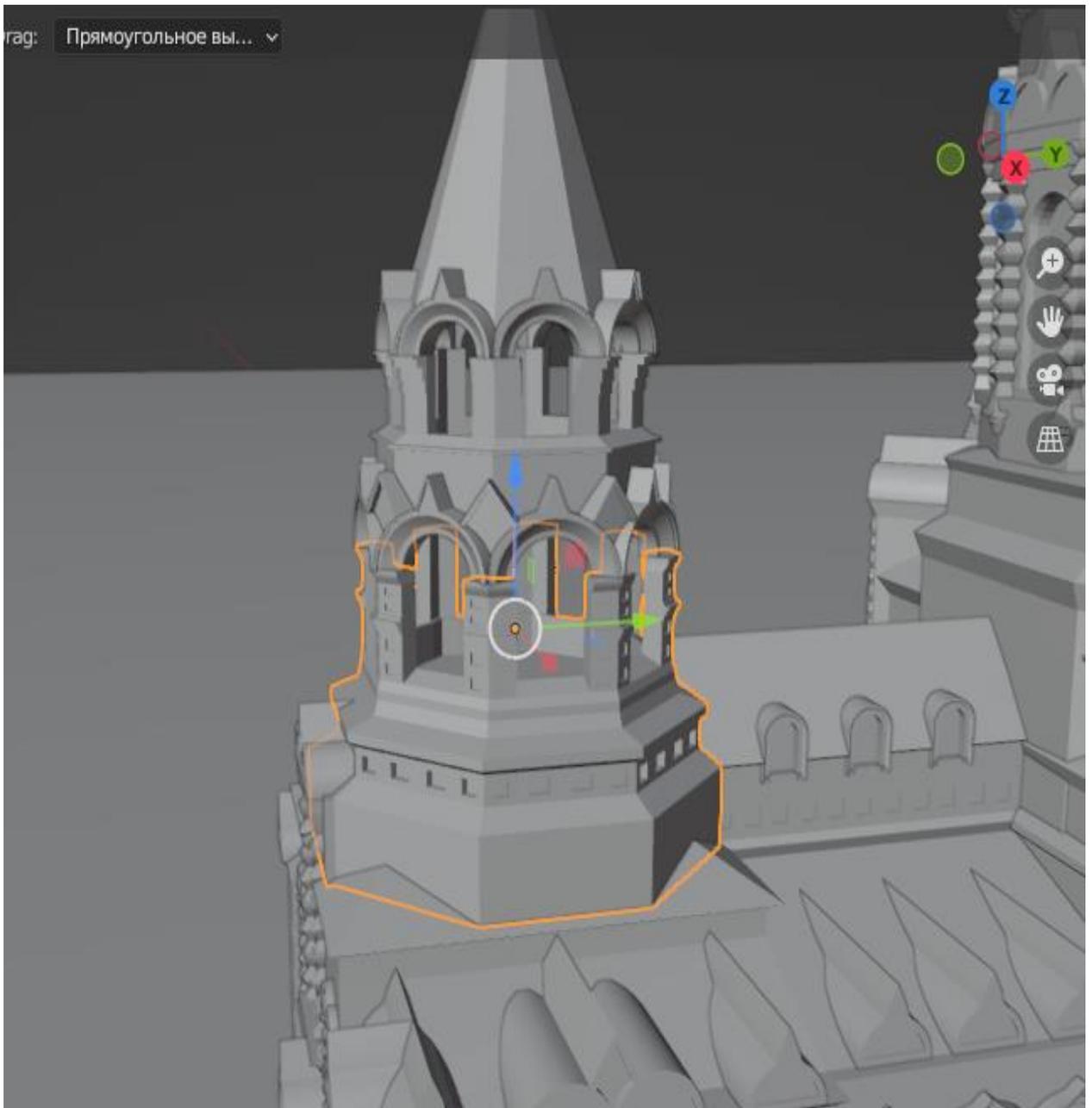


Рисунок 47 – основание колокольни

Запустим Blender, оставим сцену без изменений, для нашего удобства сместим основание колокольни в пространстве относительно всей, чтобы видеть его полностью, т.к. его нижняя часть утоплена в крышу. Для этого перейдем в рабочее пространство Layout (макет), выберем объект и переместим его в свободное место (рис. 48)

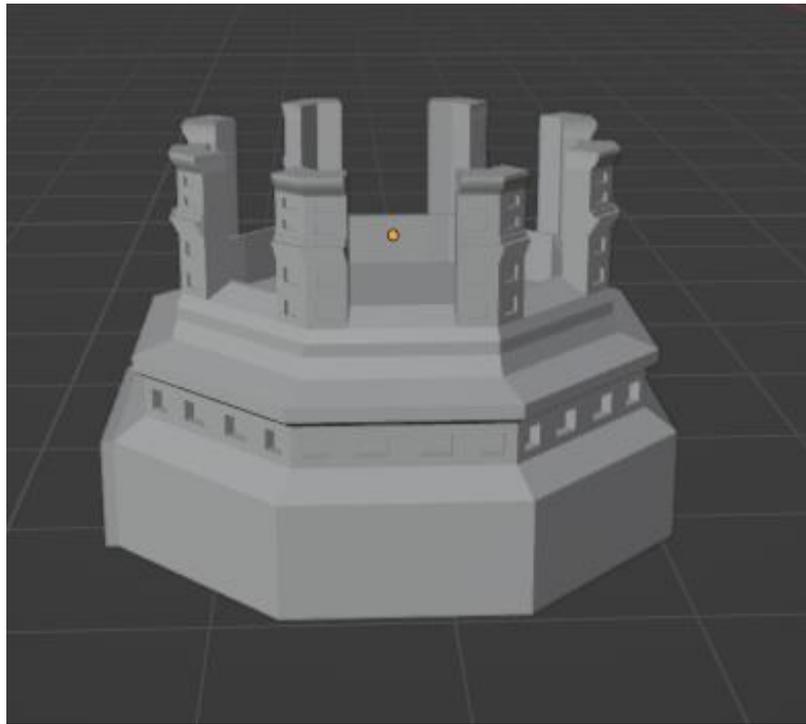


Рисунок 48 - Вынесенное отдельно основание колокольни для удобства взаимодействия

Теперь ничего не мешает взаимодействовать с фигурой и видеть её полностью. Далее нужно выбрать ребра объекта, по которым он будет разрезаться, для того чтобы получить его развернутый 2D-вид на плоскости. Для этого снова выделим его и перейдем в рабочее пространство UV Editing (создание UV развертки), когда мы переходим в это пространство, рабочая область экрана разделяется на две части, в левой у нас будет отображаться полученная развертка, а в правом мы можем взаимодействовать с нашей 3D-моделью, далее выберем Edit mode (режим редактирования), в качестве режима выделения – выделение рёбер. Теперь необходимо указать чтобы выбрать его ребра. Именно те ребра, по которым будет разрезаться наш куб.

Далее нужно нажать сочетание клавиш *Ctrl+E* и в окне, которое появится, выбрать опцию Mark Seam, этим мы делаем пометку ребрам, которые ранее выбрали, что они будут являться местами швов (местами разрезов). Если выбрать

Clear Seam из этого же окна, то этим мы снимем выделение с ребер, которые выделили. Если мы помечаем ребра, то они подсвечиваются для удобства восприятия красным.

Помеченные ребра основания колокольни для разреза показаны ниже на рисунке 49.

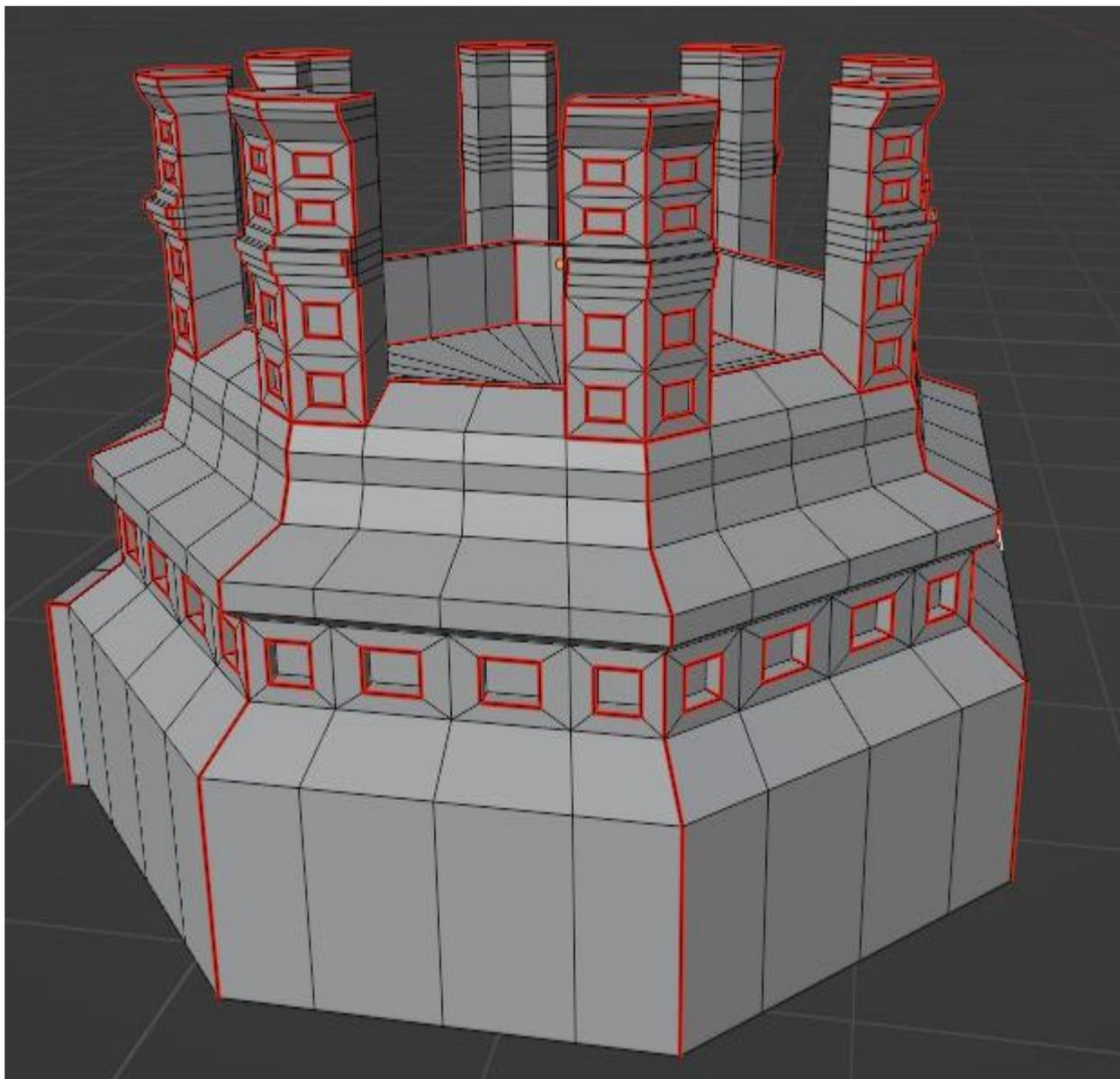


Рисунок 49 – Помеченные ребра объекта для развертки

После того, как все необходимые ребра выбраны, нужно нажать на клавишу «А», затем нужно нажать на «U», в открытом окне-меню мы выбираем Unwrap, что переводится как «разворачивать». Теперь мы получили развертку нашего основания, полученный результат сразу отображается в левой рабочей

области. Для удобства восприятия можно установить подложку под развертку, так как она получается полупрозрачная и на тёмно-сером фоне, в качестве привычного визуального оформления программы, будет выглядеть плохо различимо. Для того, чтобы разместить под разверткой цветную подложку, нужно скачать из свободного доступа png картинку любого желаемого нам цвета, к примеру, зелёного, затем в датаблок изображения нужно вставить ссылку на то место где у нас располагается эта картинка с зелёным фоном. Полученный результат представлен на рисунке 50.

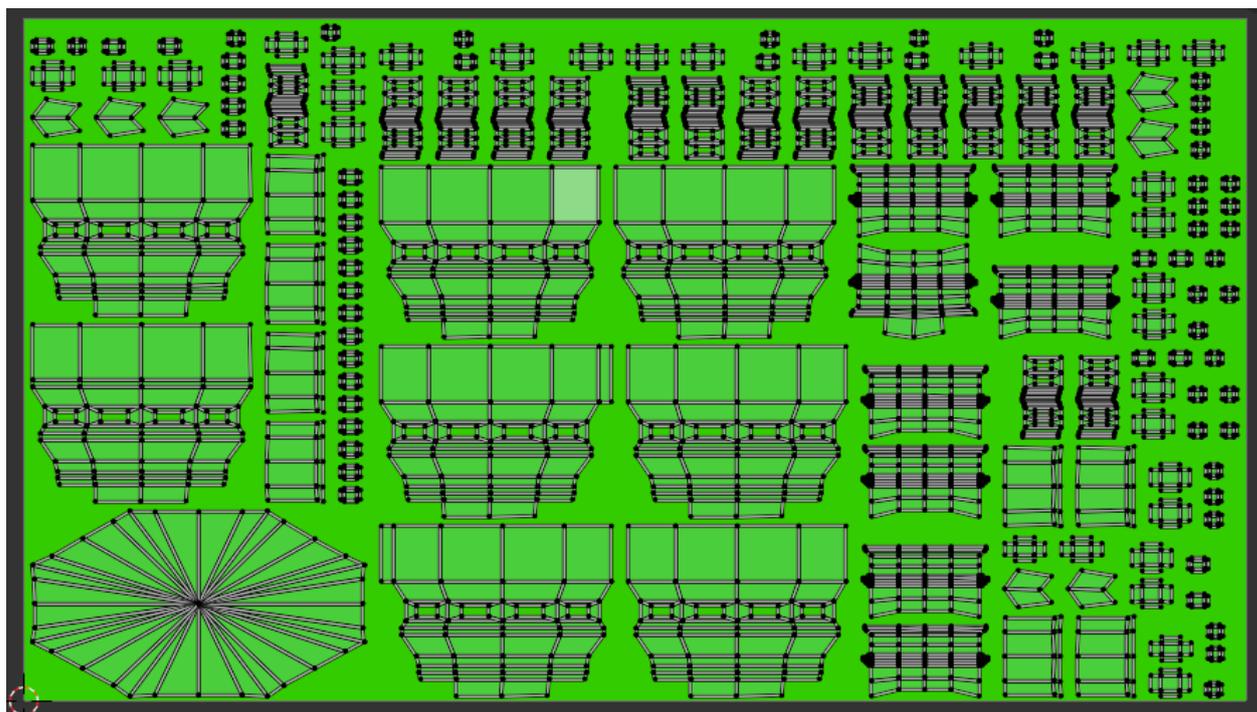


Рисунок 50 – Развертка объекта

Самое важное при этом выбрать правильные ребра, по которым будет осуществляться разрез, иначе развертка окажется кривой. Для того чтобы понять принцип и в дальнейшем не совершать ошибок, нужно предварительно попрактиковаться, разрезая другие пары ребер и ориентироваться на полученный результат.

Затем ту развертку, что мы получили, мы должны перенести в графический редактор с помощью функции экспорта, где затем будет накладываться текстура. Чтобы это сделать, нужно в верху окна UV/Image Editor в предложенном

списке UVs выбрать функцию Export UV Layout и далее сохранить полученный файл. Файл должен сохраниться с расширением png в формате растрового изображения, т.к. это предусмотрено по умолчанию, однако можно поменять растровый формат на векторный при сохранении файла в окне диалога.

Если не хочется работать со сторонним графическим редактором, то нарисовать или наложить текстуру можно сразу же в Blender'е. Это имеет свои преимущества, главным из них является то, что наложенную текстуру не нужно привязывать к модели каждый раз после её изменения, внесения правок, она тут же будет отображаться на модели и результат можно будет увидеть сразу. Ведь если при текстурировании в стороннем приложении окажется что развертка получилась кривая, необходимо будет снова разрезать объект, снова экспортировать развертку, затем красить её, сохранять, и далее импортировать обратно в Blender и привязывать с помощью шейдеров к объекту. Но кому-то, может быть более удобно работать в фотошопе, поэтому можно в Blender'е сделать черновую версию текстуры, а далее перенести её в фотошоп и там уже доделать. Но мы в нашем случае будем делать сразу в сторонней программе, а именно в Adobe Photoshop из соображений удобства.

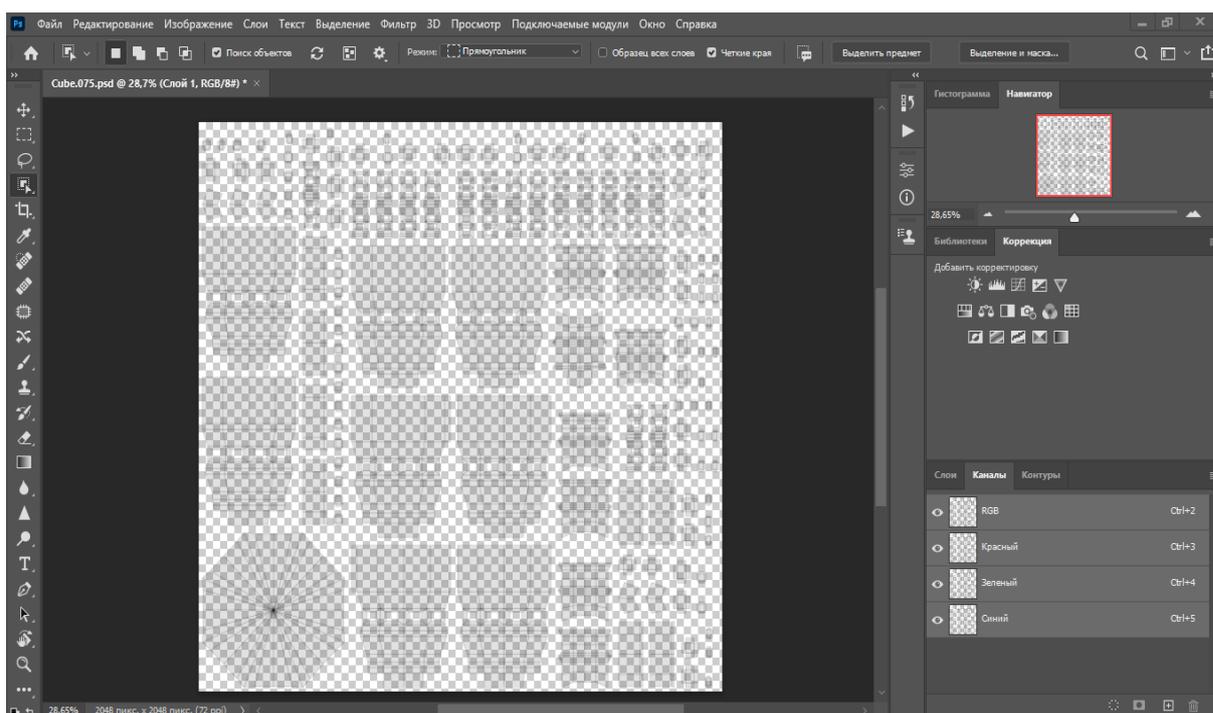


Рисунок 51 – Выполненная развертка основания колокольни

Развертка создана, теперь можно переходить к этапу её покраски. Однако перед тем, как начать красить, необходимо создать материал для покраски, который мы будем наносить на развертку, либо скачать его из открытых источников.

В нашем случае создавать все предполагаемые текстуры и материалы было бы слишком долго и не практично, ввиду их большого количества, поэтому основная масса готовых текстурных паков была взята из свободного доступа в сети Интернет. Основой, из чего состоит собор, является кирпич. Сравнив рисунок и цвет кирпича с существующими аналогами Шадринского собора, был подобран похожий по цвету и шагу кирпича. Результат подбора представлен на рисунке 52.

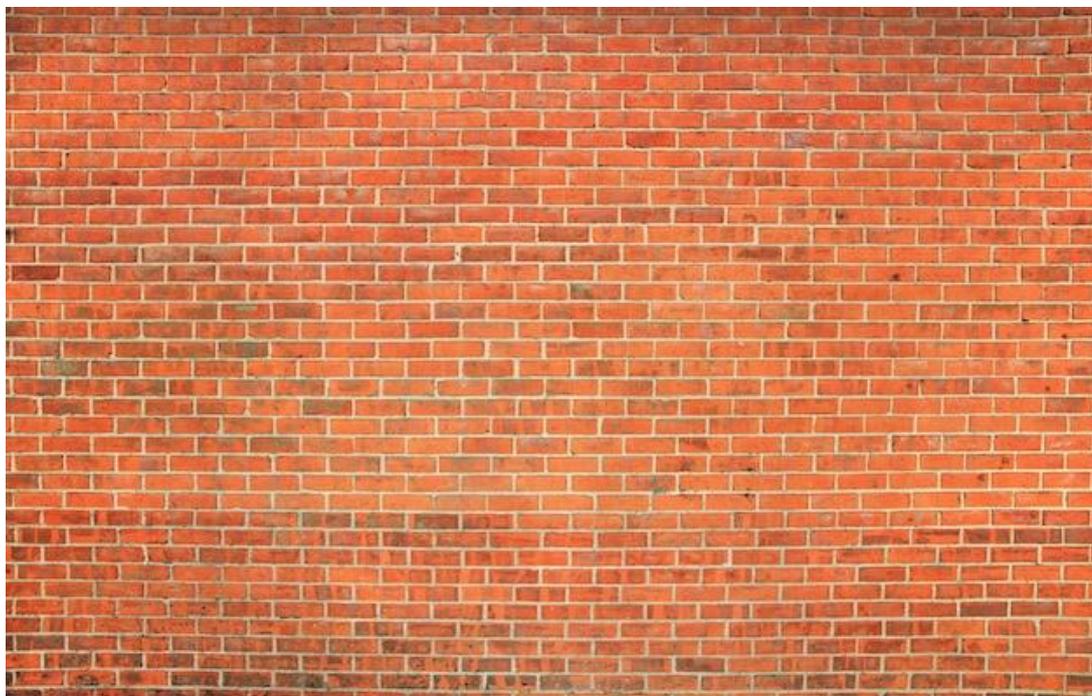


Рисунок 52 – Материал кирпича

Затем данная текстура была обработана в стандартных редакторах Blender для придания правдоподобного цвета. Текстура изначально показалась слишком яркой и контрастной. Было решено уменьшить её яркость и красочность, для того чтобы кирпич не выглядел как только что произведенный.

После того, как выбрали и обработали текстуру, нужно её скопировать и вставить новым слоем в Photoshop. Теперь необходимо подобрать размер тек-

стуры опытным путем, чтобы кирпичи не казались на модели слишком большими или слишком маленькими. Для этого необходимо сделать несколько вариантов разных размеров и выбрать более подходящий, сравнивая с имеющимися фотографиями.

Вставляем нашу текстуру новым слоем и начинаем закрашивать всю область развертки (рис. 53).

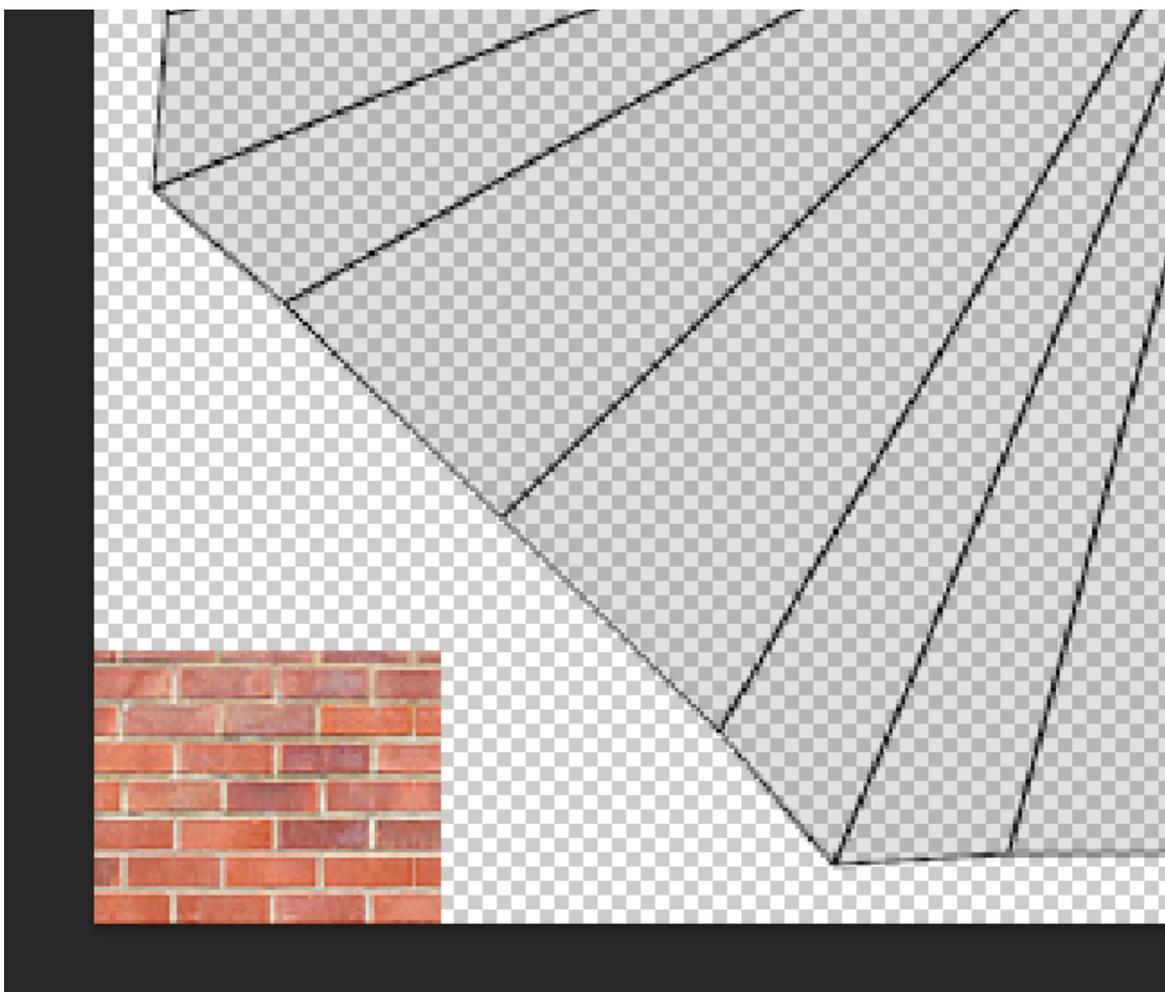


Рисунок 53 – Начало закрашивания развертки

Для того чтобы закрасить всё пространство, копируем текстуру и вставляем новыми слоями много раз, пока не покроем всю развертку. После чего все эти слои нужно объединить, чтобы получился один слой кирпича, это нужно для удобства если нам нужно будет скорректировать цвет или отключить слой, чтобы мы могли взаимодействовать сразу со всем имеющимся на развертке кирпичом, а не только с его отдельным кусочком.

Результат полностью покрытой кирпичом развертки показан на рисунке 54.

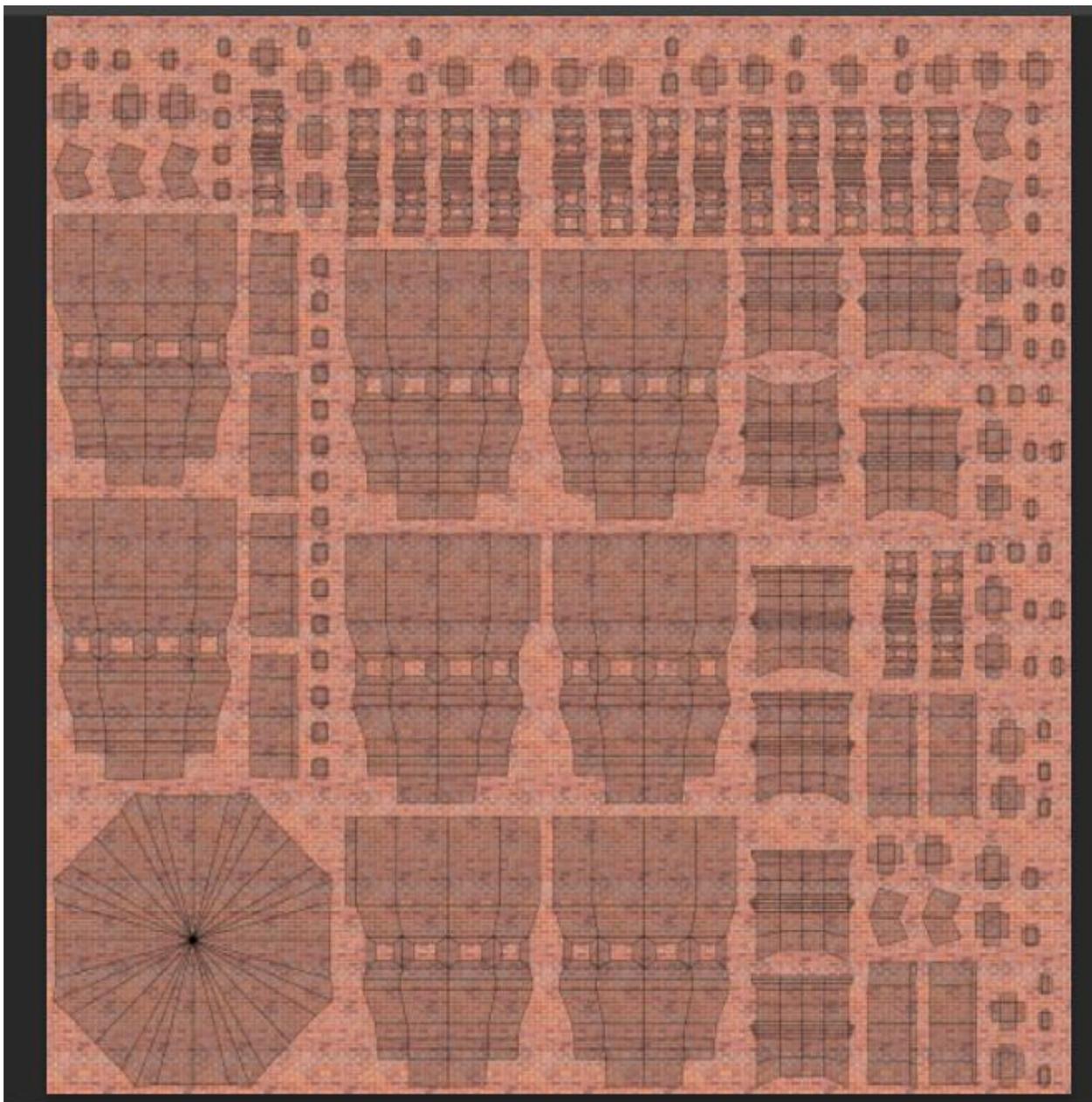


Рисунок 54 – Развертка полностью покрашенная текстурой кирпича

В дальнейшем, когда объекту был назначен материал с изображением текстуры, обнаружилось, что на некоторых элементах кирпич лежит неправильно (рис. 55), не так, как он должен располагался бы в действительности.



Рисунок 55 – Проблема в отображении текстуры

Для того, чтобы это исправить, необходимо вырезать отдельный кусок текстуры кирпича, наложить его новым слоем поверх старого и развернуть по диагонали, как показано в центре рисунка 56 на примере трех колонн под второй ярус колокольни. Так же необходимо было поступить с вырезанными углублениями под декоративные вставки, только в их случае текстуру кирпича нужно было повернуть на 90 градусов, так как при реальном строительстве, кирпич не могли располагать горизонтально, ввиду необходимости его частого дробления. Вместо этого его бы клали вертикально, как мы и сделали. В процессе текстурирования всех разверток так или иначе необходимо было учитывать особенности отображения текстуры, к примеру металлический профильный лист при его монтаже на крыше не могли располагать канавками вбок, они предназначены для водостока и должны быть направлены вертикально, поэтому такие моменты необходимо было отразить правильно, что требовало внесения большого количества корректив при наложении текстуры на тот или иной элемент закрашиваемого объекта.

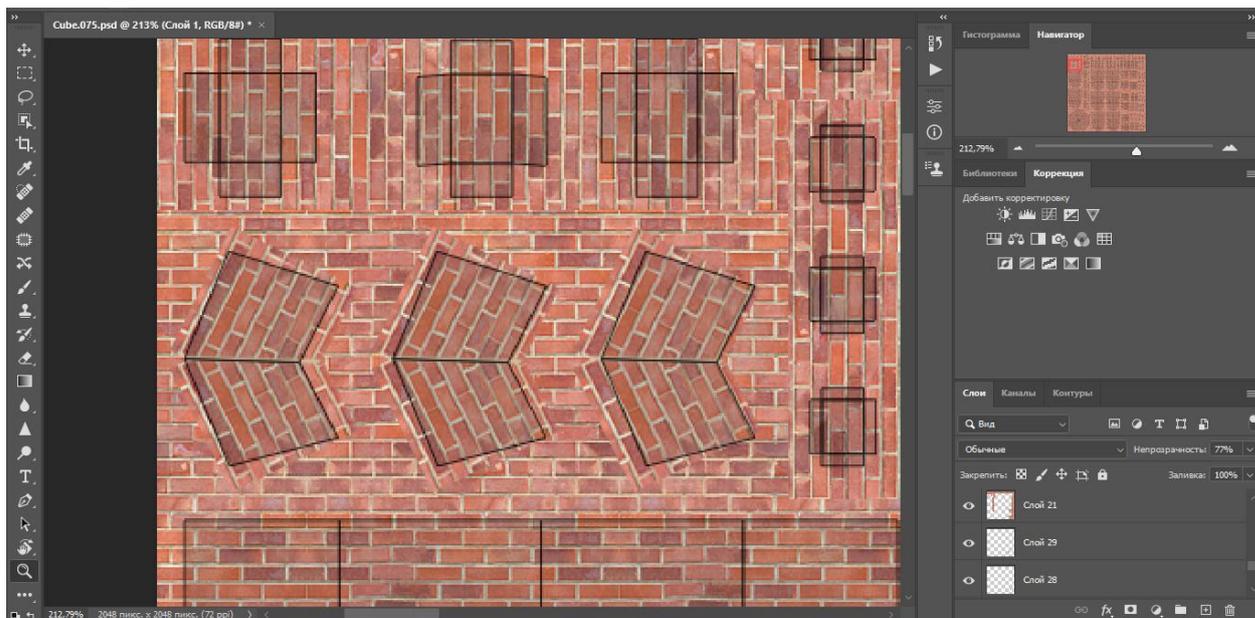


Рисунок 56 – Исправление

После нашего исправления, текстура легла более правдоподобно. Сравнить можно с рисунком 55, расположенным выше.

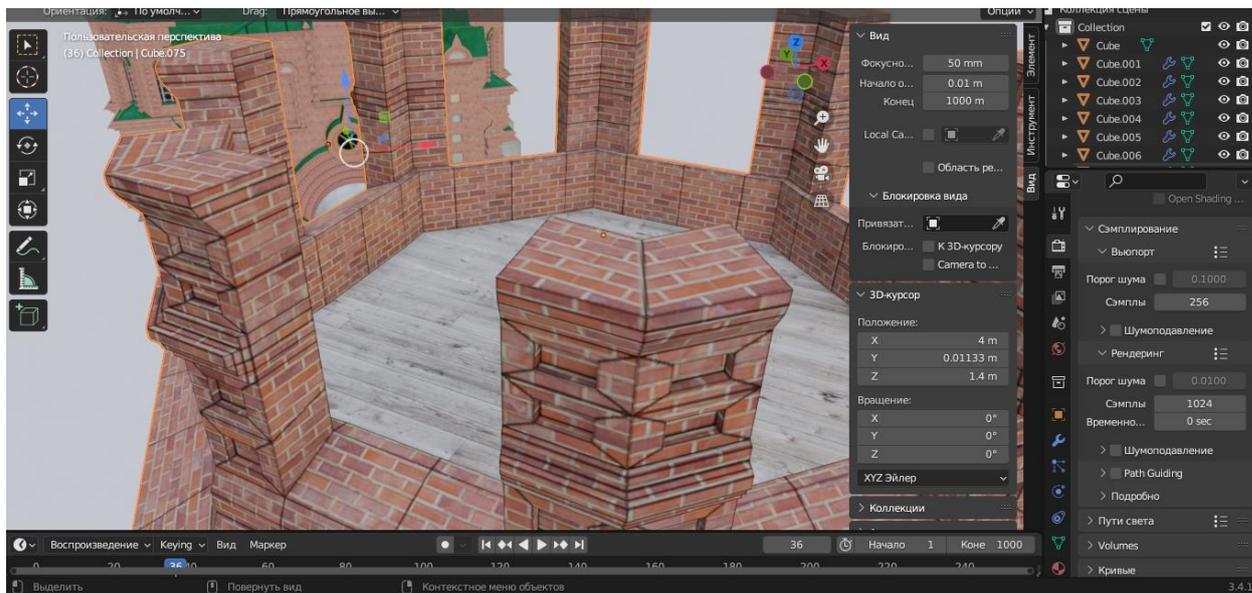


Рисунок 57 – Правильное отображение текстуры

Однако помимо кирпича использовались и другие текстуры. Далее нужно нанести металлический профильный лист на развертку. На расположенном ниже рисунке 58 показана текстура металлического проф-листа зелёного цвета. Зелёный цвет выбран, руководствуясь историческими справками. Однако после примерки текстуры оказалось, что шаг профилирования слишком маленький, а если

растягивать текстуру по координатным плоскостям для увеличения шага, теряется её качество. Ввиду отсутствия высококачественных аналогичных моделей с требуемым шагом профилирования, было принято решение закрыть зелёным фоном волну через одну ступень. В результате текстура приняла хороший готовый вид и была пригодна для дальнейшего использования.

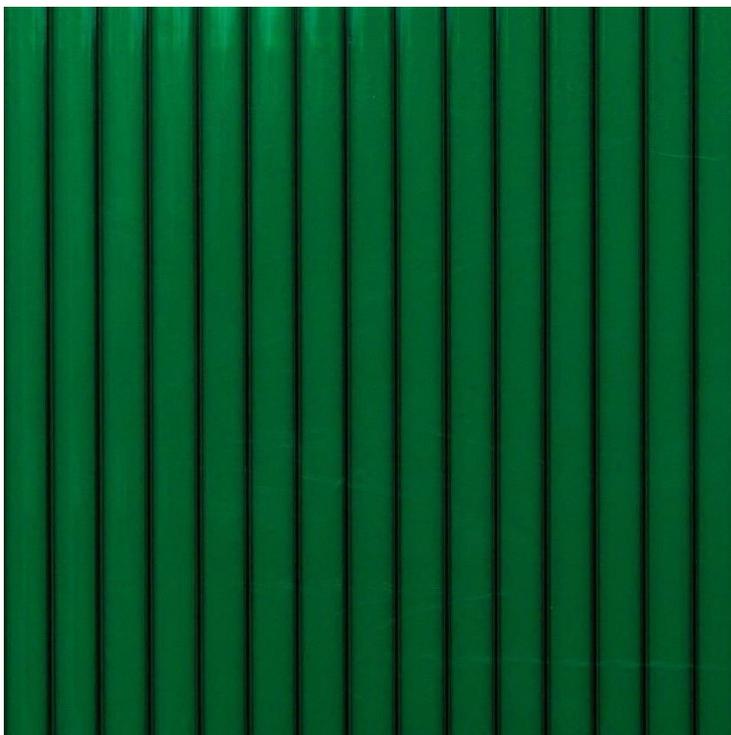


Рисунок 58 – Текстура металлического профлиста

После выбора текстуры наносим её по аналогии на необходимые нам элементы, предварительно узнав где именно на развертке располагаются эти элементы (это делается опытным путём, в рабочем пространстве UV Editing справа располагается объект, можно выбрать режим взаимодействия с плоскостями, затем выбрать на нём нужную нам плоскость и она подсветится на полученной нами развёртке в левой рабочей области, останется только запомнить её расположение).

Текстура металлического профлиста накладывается другим слоем поверх кирпича, как бы перекрывая его собой.

Результат наложения на рисунке 59.

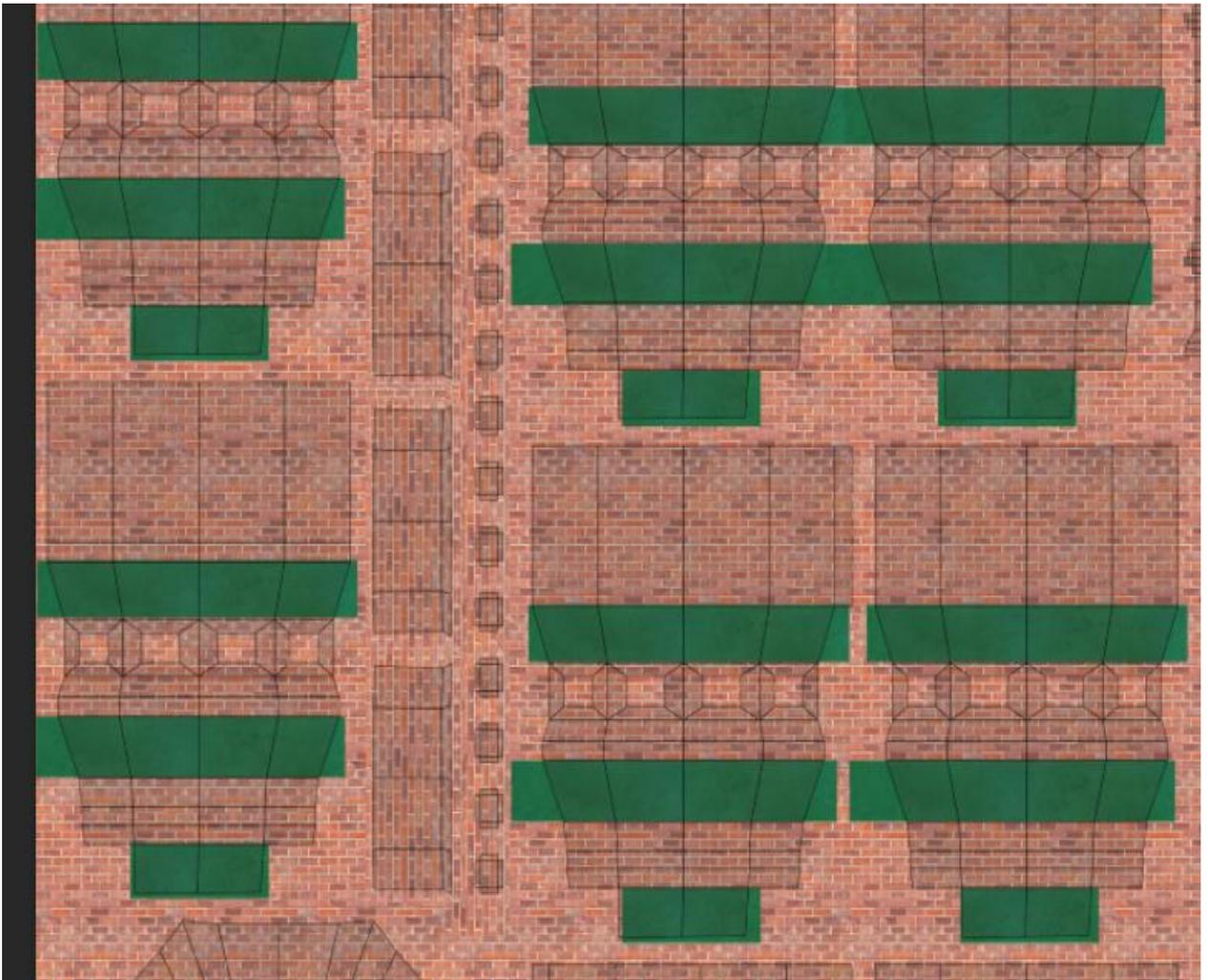


Рисунок 59 – Закрашивание развертки текстурой металлического профлиста вторым слоем

В данном объекте – основание колокольни, у нас ещё предусмотрены декоративные вставки в специальные углубления по периметру основания. Они были взяты с фотографий Богоявленской церкви (рис. 60).

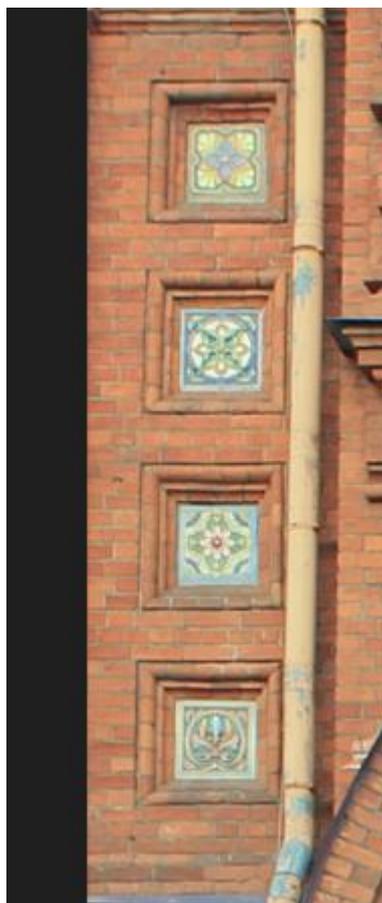


Рисунок 60 – Декоративные вставки на фотографиях Богоявленской церкви

Однако можно увидеть, что фотография имеет нарушенную перспективу, как и остальные, для ровного наложения нужно её выправить. Это будет производиться в фотошопе, для начала вырезаем необходимые нам квадраты, затем заходим в меню редактирования/ Edit – свободное трансформирование/ Free Transform, в результате чего вокруг изображения появляется рамка с сеткой, нужно чтобы эта сетка имела углы в 90 градусов, для этого растягиваем её в том или ином направлении, пока визуально она не станет прямая по горизонтали и вертикали. Далее готовое изображение уменьшаем и подгоняем по размерам развертки и вставляем в нужные квадраты, предварительно узнав где они находятся на развертке. Однако нужно понимать, что рисунок состоит из четырех последовательных фрагментов, т.к. области под эти фрагменты разбросаны по всей развертке в случайном порядке, перед вставкой нужно уточнить в какой именно из квадратов вставлять тот или иной фрагмент.

Результат вставки на рисунке 61.

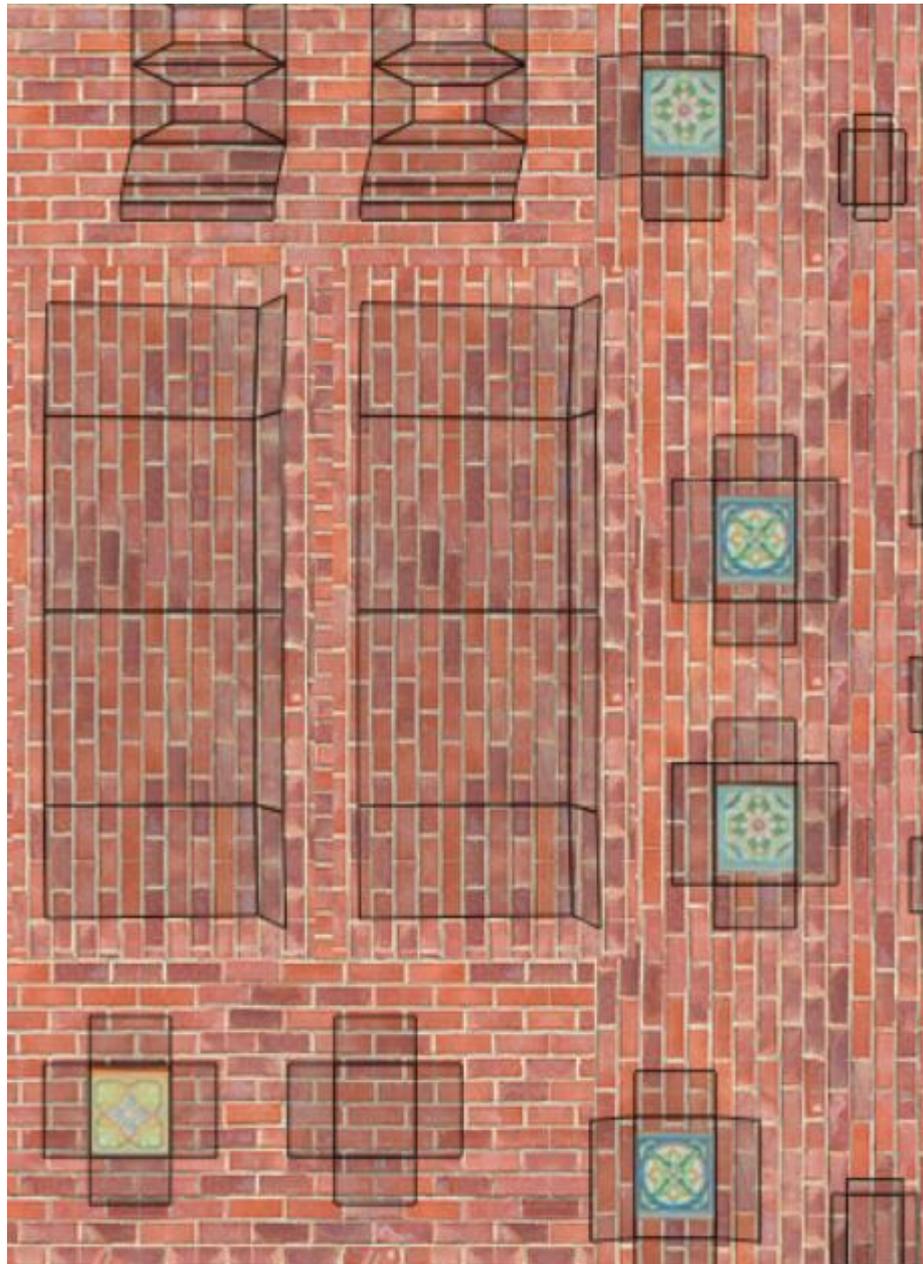


Рисунок 61 – Нанесение декоративных элементов

Кроме этого, на данном объекте не предусмотрено больше никаких других материалов и цветов. Нанесение текстур на эту развертку теперь закончено.

Результат полностью закрашенной развертки ниже на рисунке 62.

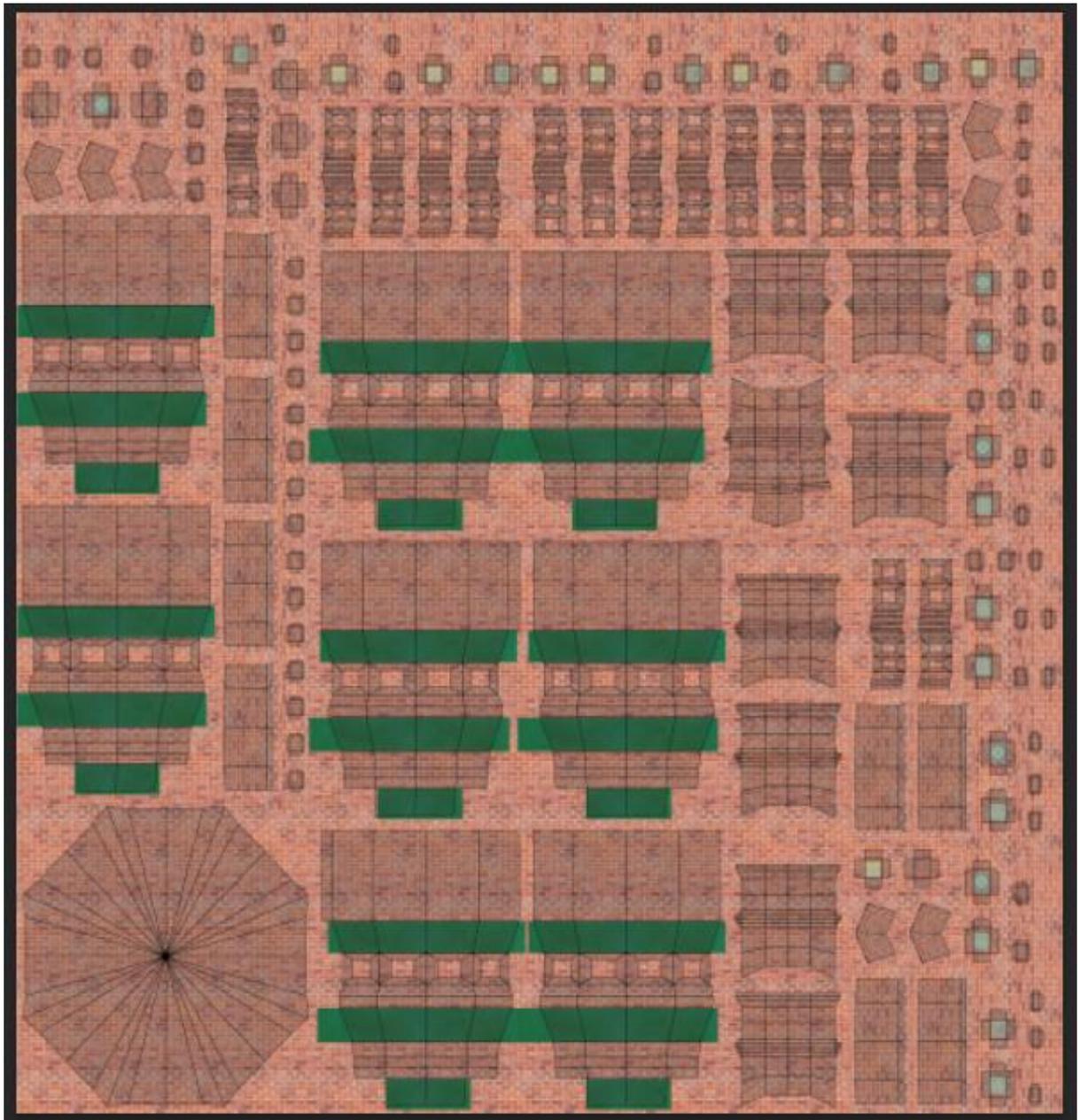


Рисунок 62– Полностью готовая развертка

После этого мы должны сохранить закрашенную развертку и экспортировать её в формате png. Затем заходим обратно в Blender. Далее в окне 3D вида выберем метод отображения - Rendered.

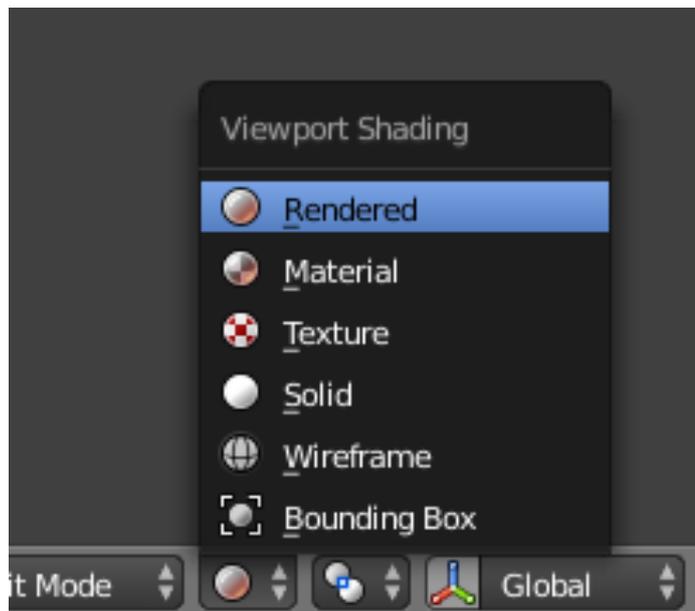


Рисунок 63 – Включение метода отображения Rendered в окне 3D вида

Но несмотря на все наши действия, наша модель основания колокольни ещё не окрасилась в цвет, потому как ей ещё не назначен сопутствующий материал. Поэтому это нужно исправить. Выбираем движок для последующего рендеринга - Cycles.

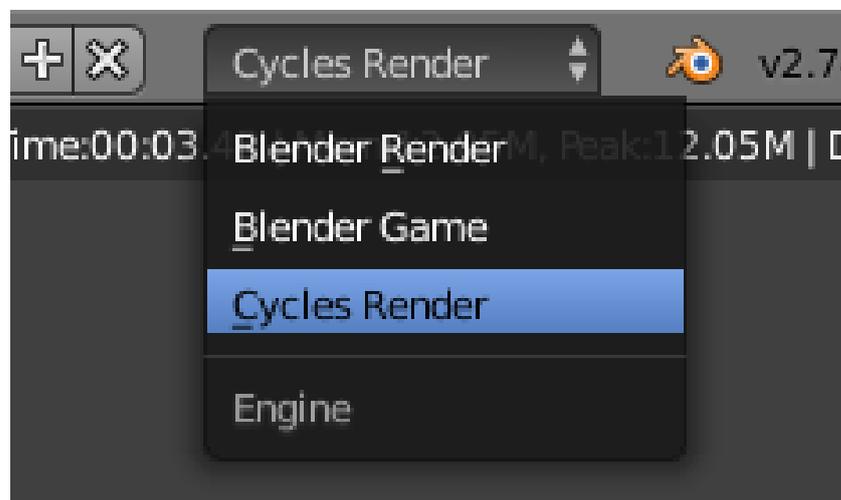


Рисунок 64 – Меню выбора движка

Затем в рабочем окне UV Editing внизу нужно открыть Node Editor – окно для работы с нодами (нод это приложение написанное на C++, которое выполняет полученный на входе код JavaScript), в заголовке данного окна пометим у

выбору пункт Использовать ноды. Далее выделяем объект который будем красить. Первоначально для каждого объекта у нас открыты нод текстурных координат (с розовым обрамлением окна) - часто применяется чтобы задать текстурные координаты, то есть чтобы определить объект из пространства которого мы берём координаты и программа понимала что именно ей нужно закрашивать и нод вывода материала (с фиолетовым обрамлением окна) – узел, который нужен для вывода окрашенной развертки на поверхность объекта. Помимо них нужно обязательно добавить узел «Изображение-текстура», он на рисунке ниже представлен с оранжевым обрамлением окна, в нём мы указываем путь по которому у нас на компьютере располагается наша раскрашенная развертка, для того чтобы программа могла её подключить к объекту, кроме этого добавляем нод отображения (синяя каемка), он необходим чтобы можно было изменять величину и положение текстуры на объекте, то есть чтобы её можно было перемещать по объекту, масштабировать, растягивать и так далее, используется когда по каким-то причинам отображение нужно скорректировать. Добавим так же карту нормалей, она применяется для контроля направлений отражения света. Ещё нам понадобится универсальный шейдер «Принципиальный BSDF» (зелёное оформление окна), которым мы можем управлять свойствами нашего материала (совокупность раскрашенной развертки, примененных к ней свойств по настройке отображения, привязанная к конкретному объекту в пространстве). Далее все эти ноды нужно соединить между собой, используя нужные нам каналы, применить к текстуре настройки её отображения (в данном случае это шероховатость для придания объема, Subsurface IOR – влияет на рассеивание цвета над объектом, грубо говоря это настройка цвета, которая отвечает насколько объект будет освещен при условии попадания на него лучей света, альфа поставить на 1 – отвечает за эффект прозрачности текстуры, от 0 до 1, где 0 – полностью прозрачная, а 1 – полностью видимая, немного добавить оттенок блеска ткани для придания небольшого глянца и эффект шероховатости лака, для того, чтобы этот глянец не был однородный), затем подключить вывод материала на поверхность объекта.

Построенная схема нодов показана ниже на рисунке 65.

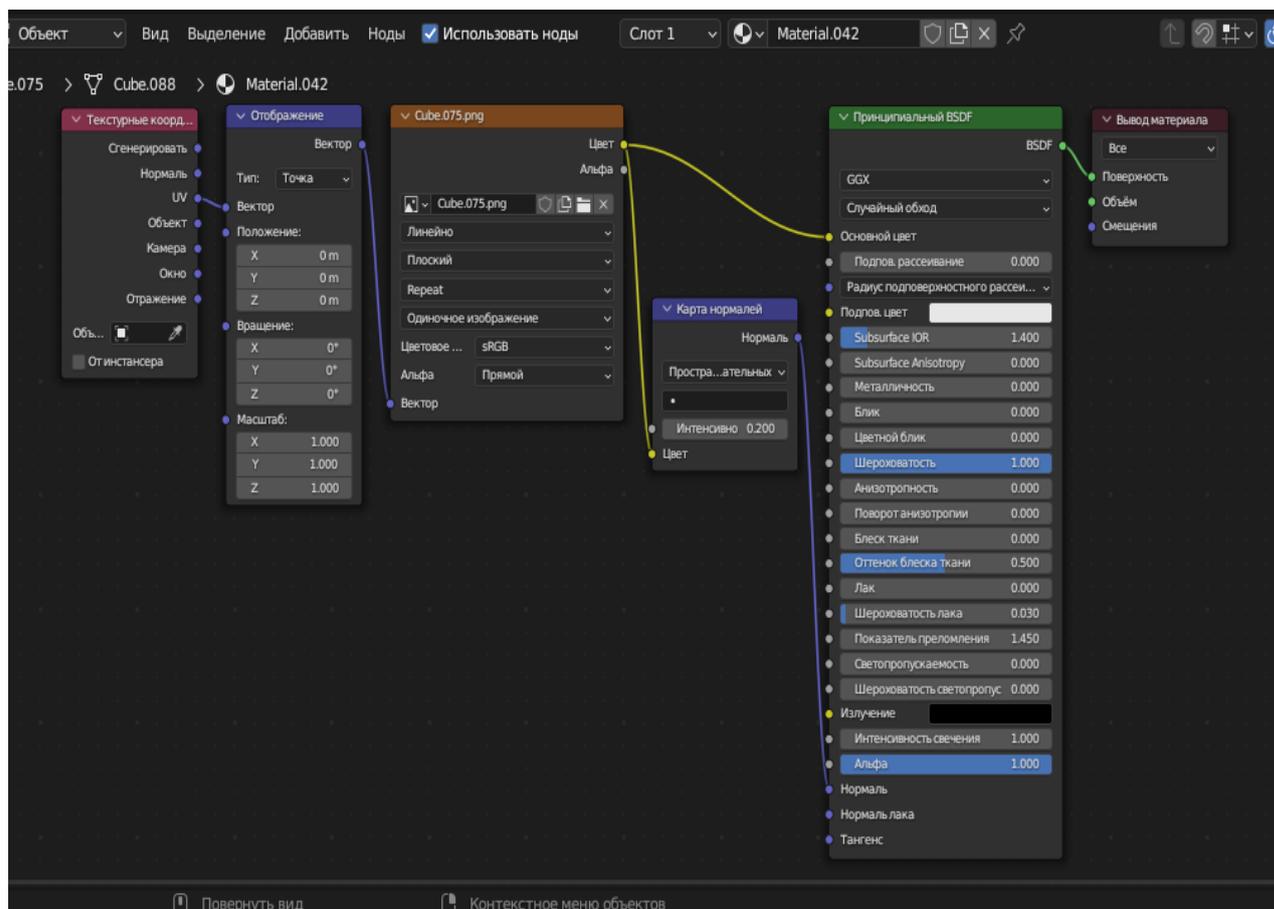


Рисунок 65 – Построенная и подключенная схема нодов для модели основания КОЛОКОЛЬНИ

В нашем случае мы использовали один слот материала, так как у нас не было надобности дробить свойства объекта на несколько материалов, но некоторые объекты потребовали 2 или 3 слота. Это применяется в том случае, если в рамках одного объекта нужно иметь 2 или 3 совершенно разных материала. К примеру – низ объекта у нас выполнен из кирпича, он должен быть шероховатым, а верх объекта выполнен из металла – он должен иметь эффект металлика и блика, хорошо отражать освещение. Однако свойства применяются сразу ко всему материалу, поэтому у нас либо будет и верх и низ одинаково шероховаты, либо одинаково блестящими и металлическими. То есть сам рисунок материала накладывается на развертку, она общая для любого числа материалов, но свойства, которые накладываются на эту развертку должны быть разные в зависимости от используемого материала. Поэтому для некоторых объектов использова-

лись несколько слотов материалов, для каждого указывались конкретные координаты на объекте. Так выполнялись, например модели приделов, которые имеют окна, а окна должны быть прозрачными и обладать эффектом зеркала, чего не скажешь о кирпиче и т.д.

После подключения вывода материала на поверхность наш объект тут же окрасился. Результат на рисунке 66.



Рисунок 66 – Результат наложенной текстуры на модель основания колокольни

Помимо описанных выше текстур были использованы так же:

- текстура фрески, которую затем вырезали, исправили перспективу и подогнали по размеру (рис. 67);



Рисунок 67 – Текстура оформления фрески

- текстура декоративного оформления лукович на крыше, которая выглядит с избытком света и яркости, была обработана в фотошопе, затем уменьшена и вставлена в соответствующие области развертки приделов (рис. 68);



Рисунок 68 – Текстура декоративного оформления внутренней части крупных лукович

- текстура окон, перспектива которых была так же исправлена, а так же назначены свойства при подключении к объекту, которые позволили отражать освещение и откидывать блики при вращении собора;



Рисунок 69 – Текстура окон

- текстура декоративной полосы, которая проходит по периметру всего здания. Из-за того, что картинка кривая, вырезался лишь один шаг из одинаковой последовательности, который затем копировался (рис. 70);



Рисунок 70 – Текстура декоративной полосы по периметру здания

- текстура двери вырезалась из фотографии Богоявленской церкви, затем использовалась цветокоррекция (рис. 71);

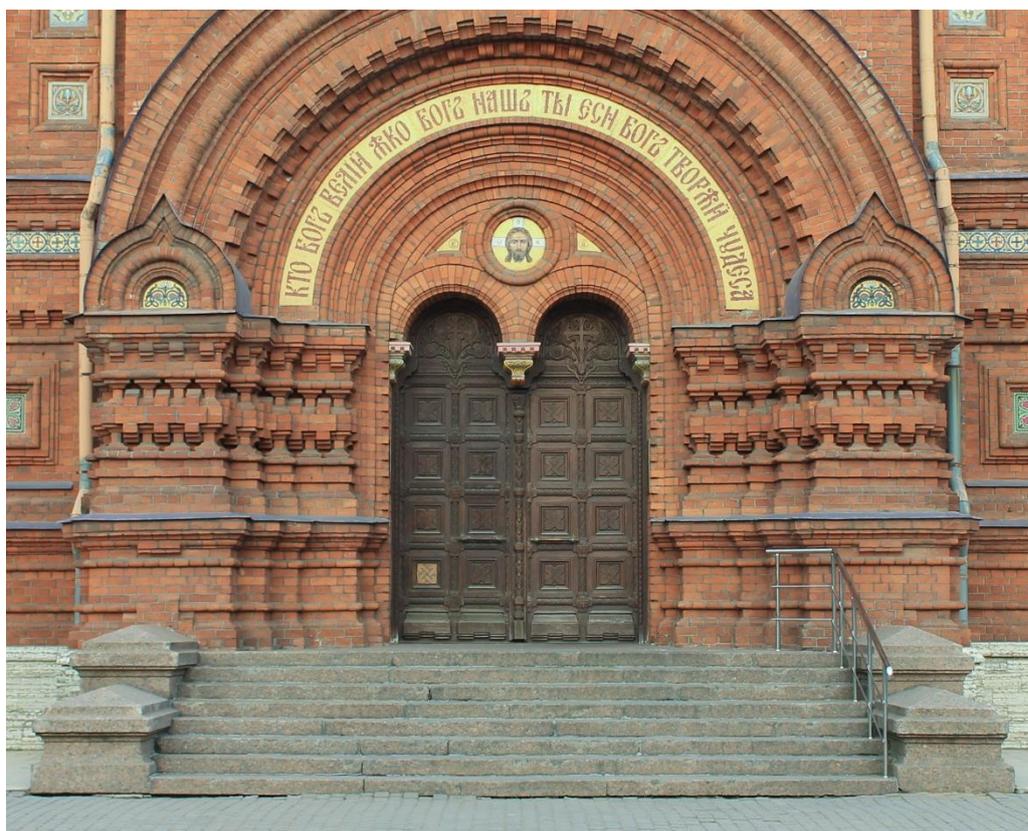


Рисунок 71 – Текстура дверного проёма

- текстура подошвы здания. Была подобрана основываясь шагом кирпичей и их размером на Питерский собор, затем сделана более молочной (рис. 72) Самой большой проблемой таких текстур является их стыковка между собой на разных частях собора, которые имеют свою собственную развертку и её собственный масштаб. Соответственно нужно угадать и сделать их одинаковыми по размеру, а так же сделать стык незаметным;



Рисунок 72 – Текстура оформления подошвы собора

- текстура металлочерепицы, из которой выложены шатры собора, которой затем были назначены свойства металличности и бликов (рис. 73).

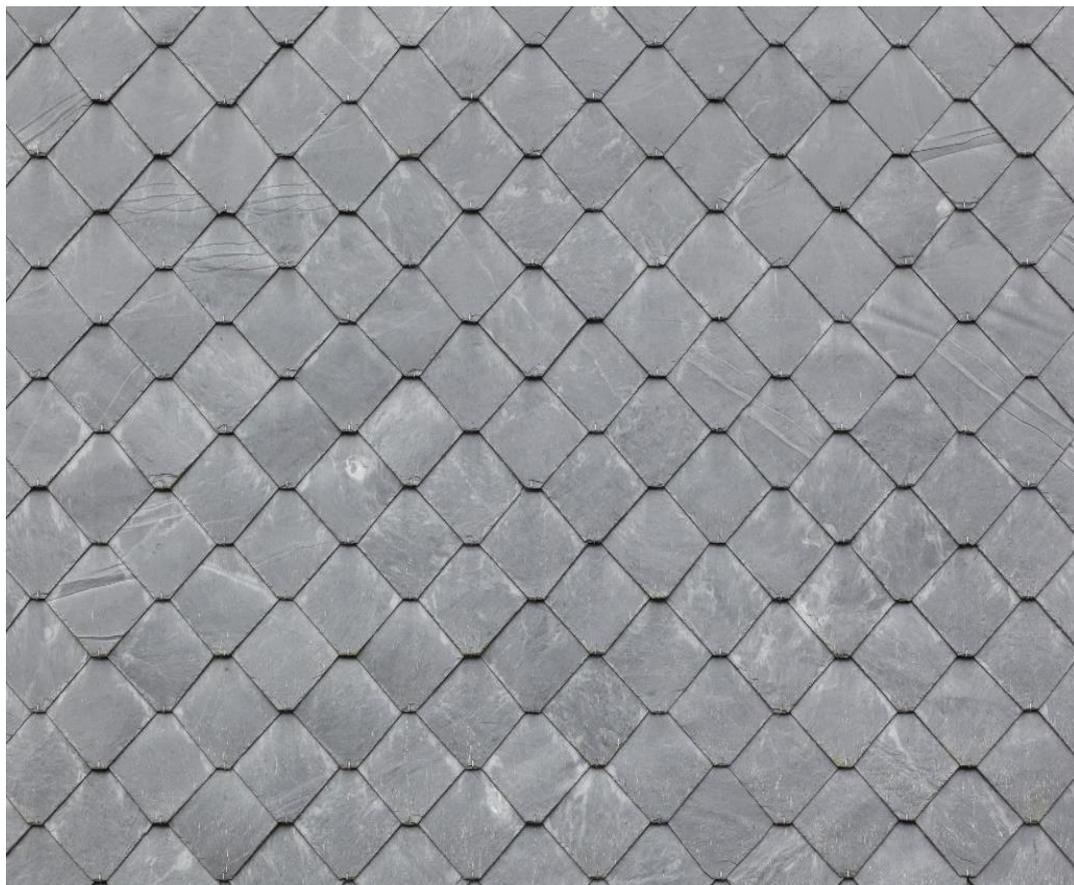


Рисунок 73 – Текстура оформления шатров собора

Остальные встречающиеся текстуры были созданы в самой программе Blender.

Всего было сделано, раскрашено, настроено и подключено 60 разверток. В результате чего мы получили полностью раскрашенную высокодетализированную модель Шадринского собора. Результат показан на рисунках 74-79 с различных ракурсов.

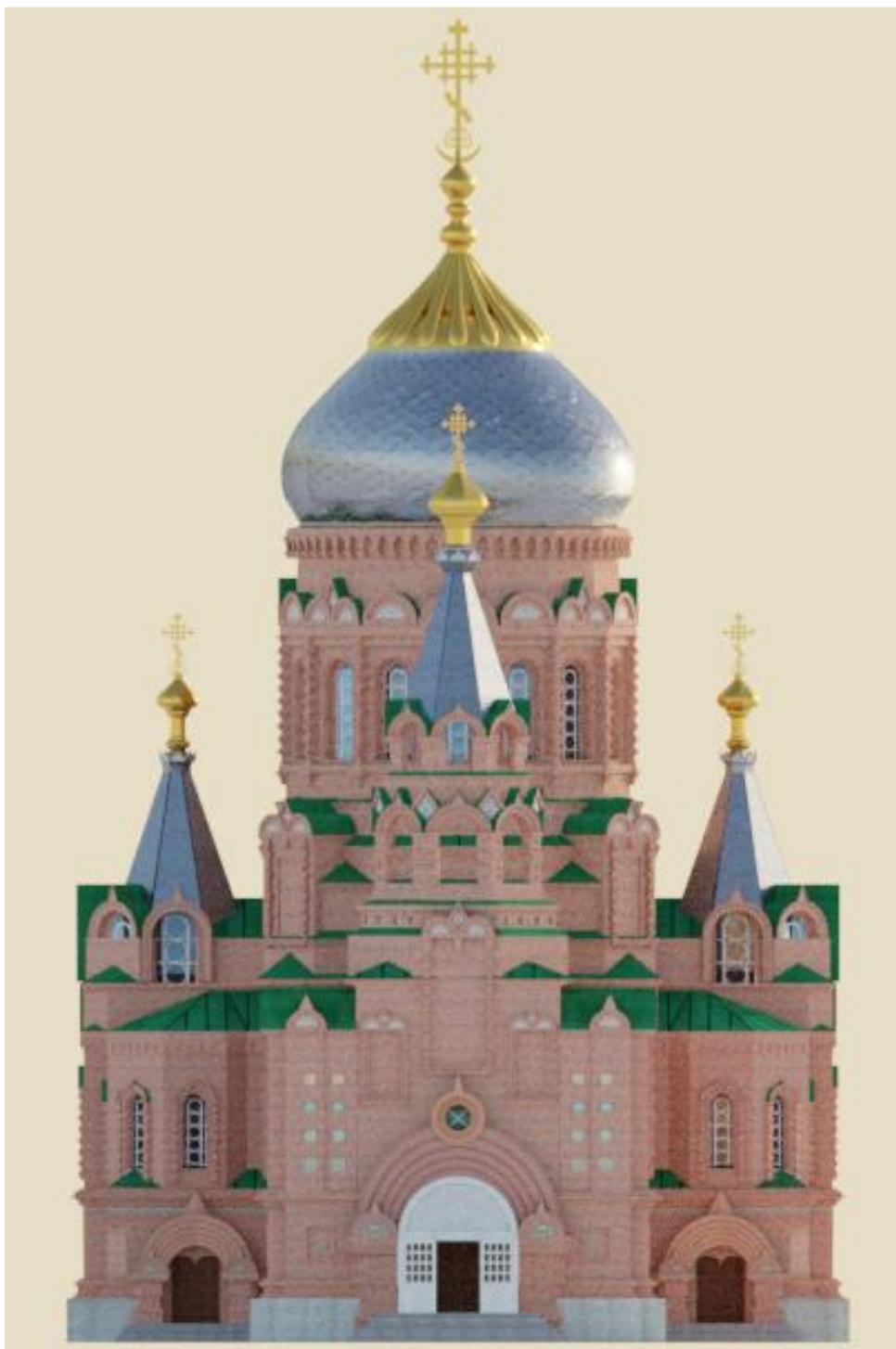


Рисунок 74 – Трехмерная модель Шадринского собора, вид спереди

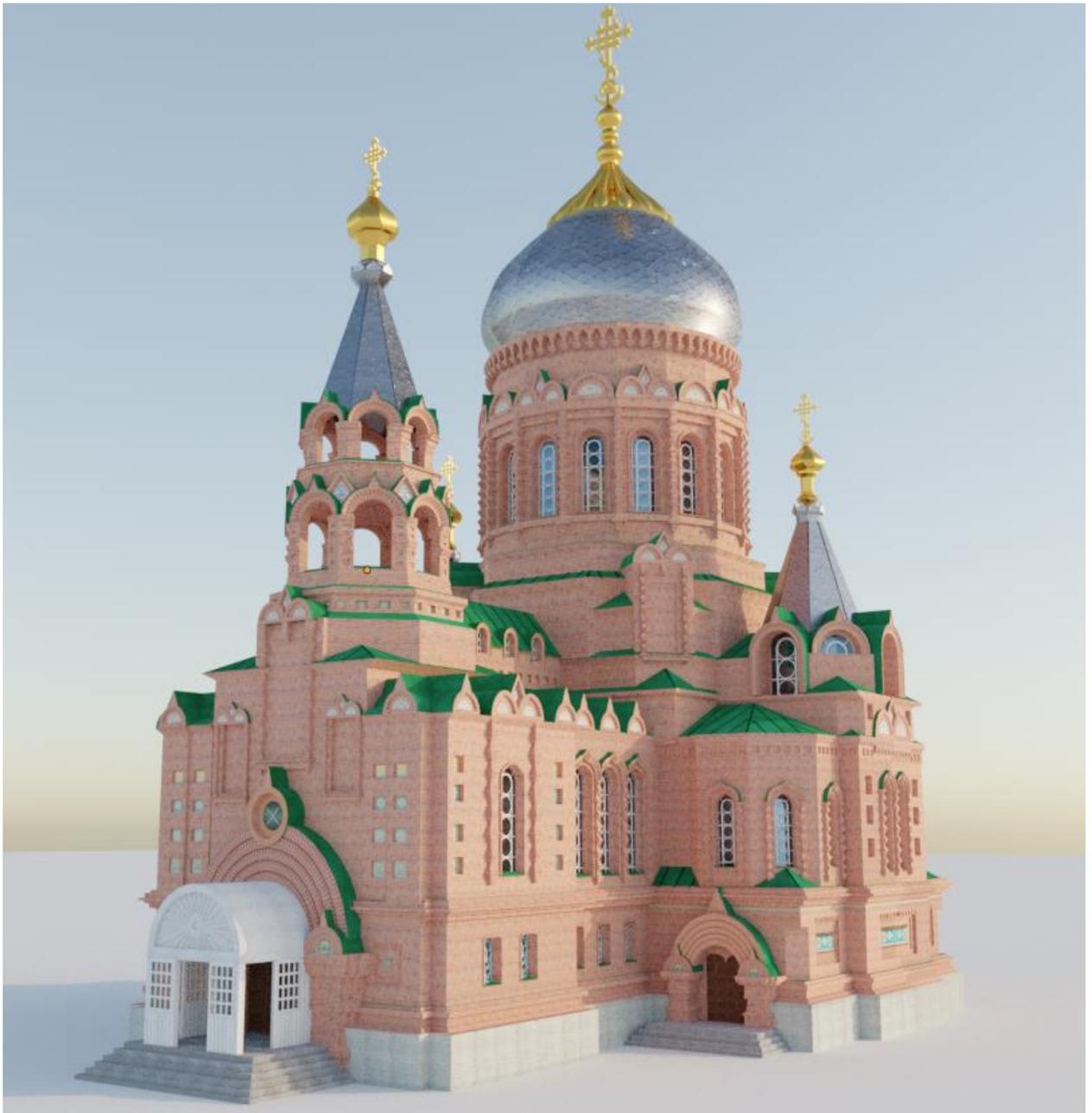


Рисунок 75 – Трехмерная модель Шадринского собора полу-боком, перед



Рисунок 76 – Трехмерная модель Шадринского собора, вид сбоку

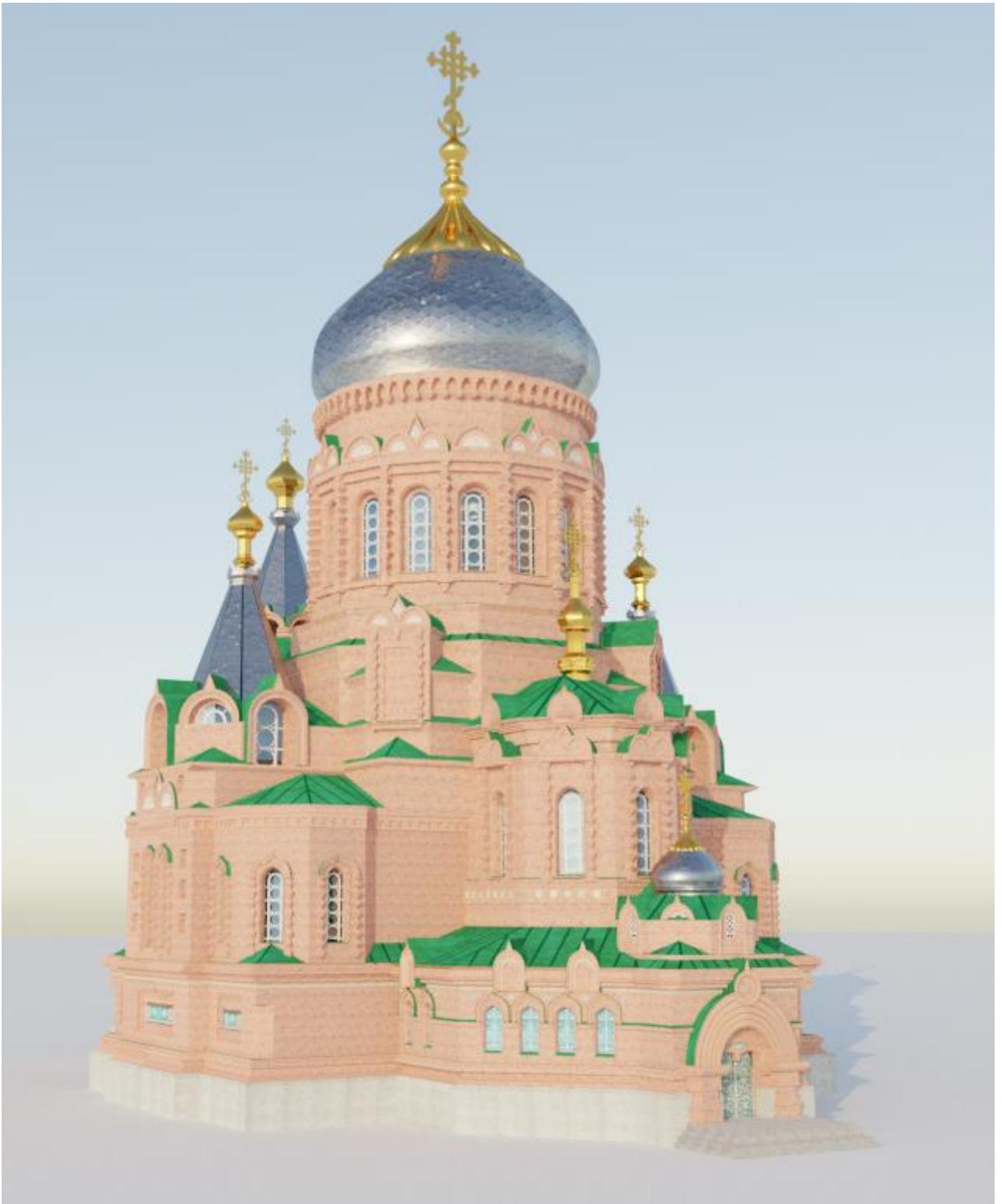


Рисунок 77 – Трехмерная модель Шадринского собора, вид полу-боком, зад



Рисунок 78 – Трехмерная модель Шадринского собора, вид сзади

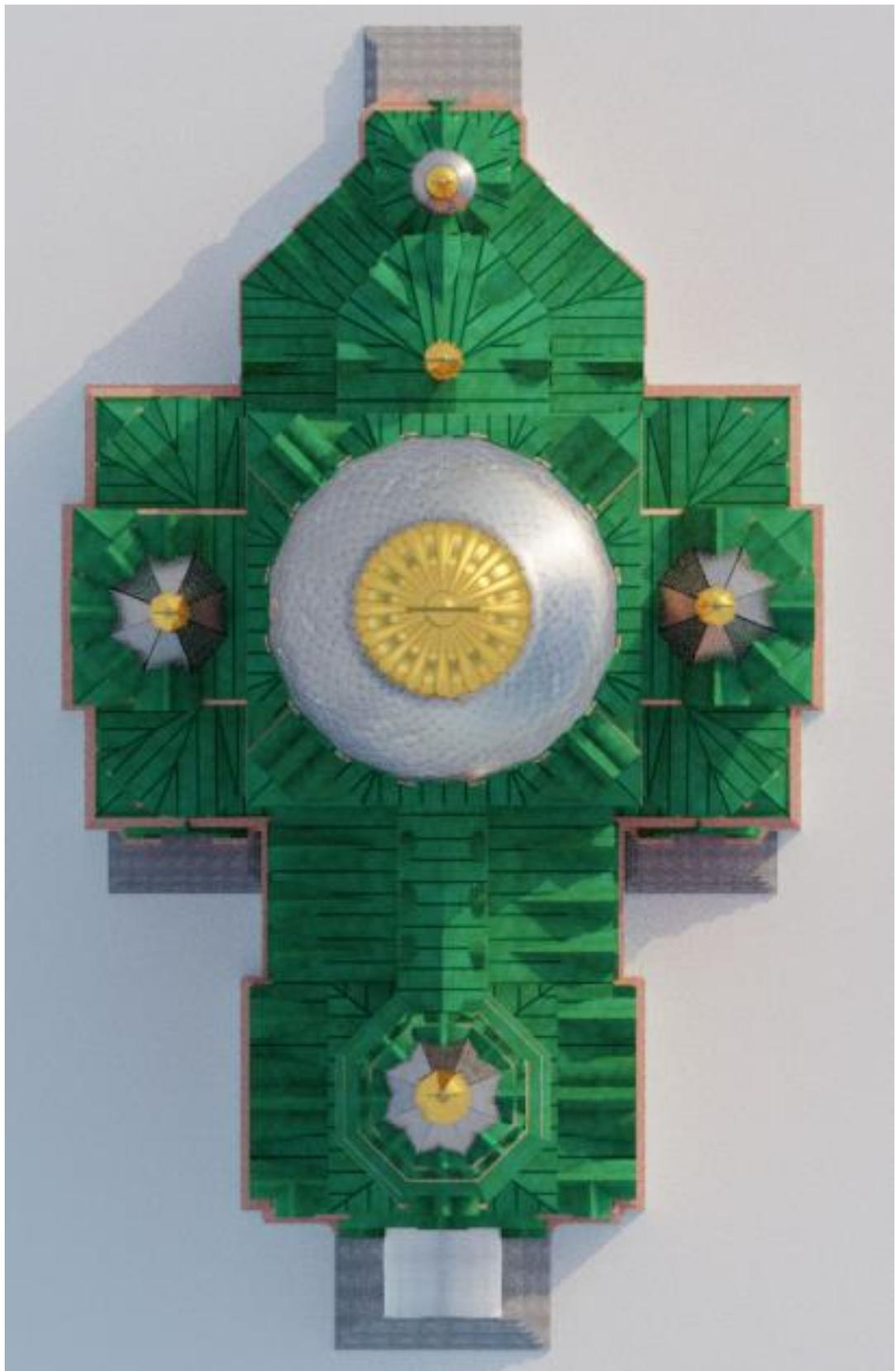


Рисунок 79 – Трехмерная модель Шадринского собора, вид сверху

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные компьютерные технологии позволяют нам воссоздать и увидеть некогда утраченные объекты культурного наследия, это в свою очередь позволяет использовать созданные виртуальные копии объектов для печати на 3D-принтере, в различных исторических реконструкциях, для создания виртуальной галереи памятников города.

В ходе данной работы были рассмотрены существующие программные решения в сфере 3D-моделирования, был произведен поиск исторических данных об объекте исследования, чертежей, проектной документации, а так же проведён анализ существующих решений, в результате которого были выявлены характерные отличия существующего решения от того, как выглядел исследуемый объект в действительности.

С использованием данных об этих отличиях и выбранных программных средств и методов, была разработано авторское решение по созданию трехмерной модели внешнего Шадринского собора, приближенной к историческому облику.

При создании модели были показаны этапы её создания, начиная от низкополигональной модели без деталей, до детализированной модели с наложенными текстурами высокого разрешения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Артёмьев, А. Р. Города и остроги Забайкалья и Приамурья во второй половине XVII-XVIII / А.Р. Артёмьев. – Владивосток : Изд-во Дальневост. Гос. ун-та, 1999. – 336 с.
- 2 Белый, Н.П. Мой Благовещенск: город во времени и судьбах / Н.П. Белый, О.К. Маслова. – Хабаровск : Приамурские ведомости, 2003 г. – 136 с.
- 3 Белый, Н.П. Благовещенск в двух тысячелетиях / Н.П. Белый, Н.Н. Горбачева. – Благовещенск : Амур, 2006. – 184 с.
- 4 Березовский, Н. Ю. История становления Российских городов. 1696-1917 / Н.Ю. Березовский. - Москва: Русский мир, 1996. - С.182-183. - 272 с. - ISBN 5-85810-010-4.
- 5 Библиотека Благовещенска [Электронный ресурс]: Шадрин Семен Саввич. – Режим доступа: <https://www.biblioblag.ru/narodnyij-muzej/shadrin-semen-savvich>. – 10.05.2022.
- 6 Благинформ [Электронный ресурс]: Русская православная церковь Московский патриархат Благинформ – информационный портал Благовещенской епархии. – Режим доступа: <https://blaginform.ru/ix-velichie-porazhaet-istorii-xramov-bliznesov-shadrinskogo-sobora>. – 30.10.2022.
- 7 Бондаренко, С. В. Blender : краткое руководство / С. В. Бондаренко, М. Ю. Бондаренко. – М. : Диалектика, 2015. – 144 с.
- 8 Бородкин, Л.И. Компьютерное 3D-моделирование в исследованиях по исторической урбанистике: новые источниковедческие подходы // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2015. Т. 21. № 1. С. 57-62.
- 9 Вергун, И.Н. Компьютерное моделирование Шадринского собора // Молодежь XXI века: шаг в будущее: материалы XXII региональной научно-практической конференции – Благовещенск : Изд-во БГПУ, 2021. – С. 756-757.
- 10 Вергун И.Н., Спицын С.С. Трёхмерная компьютерная модель внешнего вида Шадринского собора // Вестник АмГУ. - 2021. – вып. № 95. - С. 49 – 53.

11 Википедия [Электронный ресурс]: Богоявленская церковь (Санкт-Петербург). – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Богоявленская_церковь_\(Санкт-Петербург\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Богоявленская_церковь_(Санкт-Петербург)). – 03.11.2022.

12 Википедия [Электронный ресурс]: Софийский собор (Харбин). – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Софийский_собор_\(Харбин\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Софийский_собор_(Харбин)). – 03.11.2022.

13 Википедия [Электронный ресурс] : Компас (САПР). – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Компас_\(САПР\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Компас_(САПР)). – 24.05.2021.

14 Википедия [Электронный ресурс] : Blender. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Blender>. – 24.05.2021.

15 Герасимов, А.А. Самоучитель КОМПАС-3D v19. / А.А. Герасимов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2021. – 624 с.

16 Горлач, С. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс]: материалы конф. / С. Горлач [и др.]; под ред. В. А. Немтинов; Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2015. – 375 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63844.html>. – 25.03.2021.

17 Дьякова, Н.Н. Благовещенск 150 лет / Н.Н. Дьякова, А.А. Воронков. – Благовещенск : Буквица, 2006. – 194 с.

18 Еремин, И.Е., Боднарюк, М.К., Вишневский А.В., Черкасов, А.Н., Компьютерная историческая реконструкция // Ученые заметки ТОГУ. – 2016., т.7 – № 3 – С. 111-116.

19 Жеребятьев, Д.И., Методы трёхмерного компьютерного моделирования в задачах исторической реконструкции монастырских комплексов Москвы: Монография / Д.И. Жеребятьев. – М. : МАКС пресс, 2014 – 224 с.

20 Жилевич (Мирошниченко) Т. В. В память об усопших в земле Маньчжурской и харбинцах : Книга-альбом / Т.В. Жилевич (Мирошниченко). - Мельбурн, 2000. - 340 с.

21 Иванов, В. В. 3D-конструирование : учебно-методическое пособие / В. В. Иванов, А. В. Фирсов, А. Н. Новиков. – Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2016. – 20 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL:

<https://e.lanbook.com/book/128010> (дата обращения: 05.03.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

22 Иридеков, Н.В., Янченко И.В., Виртуальная 3D реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас // Дневник науки. 2019. № 5 (29). С. 38.

23 Кириков, Б.М. Архитектурные памятники Санкт-Петербурга / Б.М. Кириков. – СПб : Коло, 2019. – 464 с.

24 Коростелёв В. А., Караулов А. К. Православие в Маньчжурии. 1898—1956 / под ред. О. В. Косик. — Православный Свято-Тихоновский гуманитарный университет, 2019. — 888 с. — (Очерки истории). — ISBN 978-5-7429-1307-8.

25 Кочадамов, В.И. Первые русские города Сибири. – М.: Стройиздат, 1978. – 190 с.

26 Крадин Н. П. Троицкая церковь в Благовещенске и Софийский храм в Харбине и их прототипы // Россия и Китай на дальневосточных рубежах. — Благовещенск, 2001. — № 2. — С. 232—237.

27 Кузнецова, Р.Ш. Сохранение культурного наследия с помощью информационных технологий // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2014. №25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sohranenie-kulturnogo-naslediya-s-pomoschyu-informatsionnyh-tehnologiy> (дата обращения: 02.06.2021).

28 Лабораторный практикум по курсу «3D-моделирование и прототипирование изделий»: учеб.-метод. пособие / А. Н. Сергеев [и др.]. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 162 с.

29 Меженин, А. В. Технологии разработки 3D-моделей : учебное пособие / А. В. Меженин. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2018. – 100 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/136470> (дата обращения: 22.03.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

30 Никонов В. В. Компас-3D: создание моделей и 3D печать / В. В. Никонов. – Питер. : Наука, 2010. – 208 с.

31 Новиков -Даурский, Г.С. Историко-археологические очерки, статьи, воспоминания / Г.С. Новиков - Даурский. – Благовещенск: Амур. книж. изд-во, 1961. – 105 с.

32 Остапенко, М.Ю., Виртуальная реконструкция колокольни страстного монастыря (XVIII - первая половина XIX в.): опыт построения 3D-модели // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. 2014. № 2-3 (8-9). С. 42-49.

33 Павлов, Г.А. Храмы Санкт-Петербурга / Г.А. Павлов, И.М. Сорин, В.И. Васильев. - СПб : Наука, 2003. – 368 с.

34 Петербург Центр [Электронный ресурс]: Богоявленская церковь. – Режим доступа: <https://peterburg.center/maps/bogoyavlenskaya-cerkov.html>. – 06.11.2022.

35 Петербург и окрестности [Электронный ресурс]: Церковь во имя Богоявления Господня на Гутуевском острове. – Режим доступа: <http://al-spbphoto.narod.ru/Hram/Port.html>. – 13.09.2022.

36 Позднякова, И.И. 3D-моделирование как способ реконструкции памятников культуры на примере здания кёнигсбергской янтарной мануфактуры // Информационный бюллетень ассоциации История и компьютер. 2016. № 45. С. 123-124.

37 Прахов, А.В. Blender. 3D-моделирование и анимация. Руководство для начинающих / А.В. Прахов. – Санкт-Петербург. : БХВ-Петербург, 2009. – 266 с.

38 Сергеев, А. Н. Профессиональное макетирование и техническое моделирование. Краткий курс. Учебное пособие / А.Н. Сергеев. – М. : Изд-во Проспект, 2020. – 168 с.

39 Соборы.Ру [Электронный ресурс]: Благовещенск. Собор Троицы Живоначальной. – Режим доступа: <https://sobory.ru/article/?object=24184>. – 25.10.2022.

40 Соборы.Ру [Электронный ресурс]: Кировский район. Церковь Богоявления Господня на Гутуевском острове. – Режим доступа: <https://sobory.ru/article/?object=00706>. – 25.10.2022.

41 Соборы.Ру [Электронный ресурс]: Харбин. Собор Софии, Предудрости Божией. – Режим доступа: <https://sobory.ru/article/?object=08750>. – 25.10.2022.

42 Сохранение культурного наследия с помощью информационных технологий [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru : офиц. сайт. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sohranenie-kulturnogo-naslediya-s-pomoschyu-in-formatsionnyh-technologiy>. (дата обращения: 10.04.2021).

43 Технология трехмерного моделирования в Blender 3d : учебное пособие / А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, Л. Б. Филиппова [и др.]. – Москва : ФЛИНТА, 2018. – 79 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/113463> (дата обращения: 12.04.2021).

44 Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3d и 3d Max : учебное пособие / А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, В. А. Шкаберин [и др.]. – Москва : ФЛИНТА, 2019. – 142 с. – ISBN 978-5-9765-4216-7. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/125515> (дата обращения: 11.04.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

45 Хахаев, И.А. Графический редактор GIMP: первые шаги / И.А. Хахаев, – М. : Издательский дом ДМК-пресс, 2009 — 232 с.

46 Холмогоров, В.К. 3D-печать с нуля / В.К. Холмогоров., Горьков Д.А. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2020. – 256 с.

47 Храм Богоявления на Гутуевском острове [Электронный ресурс]: информация и фотоснимки храма. – Режим доступа: <http://www.gutui.ru>. – 15.09.2022.

48 Шишкин, В. В. Графический растровый редактор Gimp : учебное пособие / В. В. Шишкин, О. Ю. Шишкина, З. В. Степчева, – Ульяновск : УЛГТУ, 2010 – 119 с.

49 Blender Documentation [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://docs.blender.org>. – 12.04.2021.

50 GNU Image manipulation program [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://www.gimp.org/>. – 14.04.2021.

51 Sheng. Suofeijiaotang jinianse [Св. Софийская церковь. Памятная брошюра]. — Harbin, 1998. — 140 с.