

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
« _____ » _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Детализированное компьютерное макетирование Албазинского острога 1685 года.

Исполнитель
студент группы 957-ом _____ А.В. Нацвин
(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
Инженер кафедры _____ В.Н. Адаменко
(подпись, дата)

Рецензент
доцент, канд. техн. наук _____ А.Н. Рыбалев
(подпись, дата)

Благовещенск 2021

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
« _____ » _____ 2021 г.

З А Д А Н И Е

К магистерской диссертации студента _____ группы 957-ом

Нацвина Алексея Викторовича

1. Тема магистерской диссертации: _____
Детализированное компьютерное макетиро-
вание Албазинского острога 1685 года.

(Утверждено приказом от 01.03.2021 № 412-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) _____ 23.06.2021

3. Исходные данные к магистерской диссертации: _____
Исторические описания, то-
пографические планы, учебная литература, интернет ресурсы.

4. Содержание магистерской диссертации (перечень подлежащих разработке
вопросов): _____
анализ предметной области проводимого исследования;
онтологическая реконструкция албазинского острога; детализированное
моделирование и 3D-печать.

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков,
схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.): _____
карта с сов-
мещением всех имеющихся данных раскопов, карта со всеми постройками ос-
новного и внутреннего периметра.

6. Рецензент магистерской диссертации: _____ А.Н. Рыбалев, доцент, канд. техн. наук

7. Дата выдачи задания _____ 25.02.2021

Руководитель выпускной квалификационной работы: И.Е. Еремин,

профессор, доктор техн. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, уч.степень, уч.звание)

Задание принял к исполнению (25.02.2021) _____

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит 101 с., 121 рисунок, 1 таблицу, 48 источников.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, 3D-ПЕЧАТЬ, АЛБАЗИНСКИЙ ОСТРОГ, МАКЕТ, IT-ТЕХНОЛОГИИ

Целью данной выпускной квалификационной работы является создание детализированной компьютерной модели Албазинского острога по его состоянию на 1685 год с последующим созданием физической репликации.

В перечень задач данной выпускной квалификационной работы входит:

- разработка алгоритма решения задачи;
- анализ исторических данных об исследуемом объекте;
- анализ археологических данных об исследуемом объекте;
- анализ существующих решений;
- обзор программного обеспечения;
- создание базового топографического плана и чертежей;
- создание детализированных моделей;
- трехмерная печать макета.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Предметная область проводимого исследования	8
1.1 Цель и общий алгоритма решения задачи	8
1.1.1 Компьютерная историческая реконструкция	8
1.1.2 Историческая справка об албазинском остроге	11
1.1.3 Алгоритм онтологической обработки данных	12
1.2 Исходные исторические данные	13
1.2.1 Архивные записи об албазинском остроге	13
1.2.2 Архивные изображения албазинского острога	14
1.2.3 Сохранившаяся информация об архитектурных аналогах	15
1.3 Исходные археологические данные	17
1.3.1 Результаты экспедиции 1974–1976 гг. И 1979–1980 гг.	17
1.3.2 Результаты экспедиции 1988-2002 гг.	18
1.3.3 Результаты экспедиции 2011-2016 гг.	19
2 Онтологическая реконструкция албазинского острога	21
2.1 Существующие реконструкции албазинского острога	21
2.1.1 Результаты исследований кочадамова в.и.	21
2.1.2 Результаты исследований артемьева а.р.	23
2.1.3 Альтернативные репликации острога	26
2.2 Программное обеспечение визуализации текущих данных	28
2.2.1 Система автоматизированного проектирования компас-график	28
2.2.2 Пакет трехмерного моделирования blender	30
2.2.3 Растровый графический редактор gimp	32

2.3 Разработка базового топографического плана	33
2.3.1 Конструкция общего периметра крепостных стен и башен	33
2.3.2 Общее устройство административных комплексов	43
3 Детализированное моделирование и 3D-печать макета	50
3.1 Трехмерное моделирование отдельных сооружений	50
3.1.1 Методика разработки детализированных моделей	50
3.1.2 Детализированные трехмерные модели сооружений	55
3.2 Разработка печатных модулей отдельных сооружений	72
3.2.1 Методика фрагментации моделей на печатные модули	72
3.2.2 Наборы печатных модулей отдельных сооружений	75
3.3 Печать макета острога методом послойного наплавления	82
3.3.1 Программно-техническое обеспечение и материалы	82
3.3.2 Результаты физической реализации виртуальной модели	85
Заключение	87
Библиографические ссылки	88
Библиографический список	94
Приложение А	100
Приложение Б	101

ВВЕДЕНИЕ

В наше время люди стали более серьезно относиться к сохранению и восстановлению памятников историко-культурного наследия. Это в свою очередь дало толчок к развитию технологий реконструкций. На сегодняшний момент исследование исторических событий посредством реконструкции является основной событийного туризма, способствующего экономическому развитию, как отдельно взятых регионов, так и некоторых небольших стран в целом. Одним из исторических направлений подобных исследований являющимся важным для развития Амурской области можно обозначить историческую реконструкцию Албазинского острога. Существенный прогресс в вышесказанных исследованиях может основываться на применении современных информационных технологий.

Целью диссертации является создание достоверного виртуально макета Албазинского острога по состоянию на рассматриваемый исторический период. Кроме того, предусматривается практическая реализация его физического макета изготовленного по технологии послойного наплавления FDM.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- Анализ исторических источников.
- Создание упрощенной модели острога.
- Создание подробного макета каждой отдельной постройки.
- 3D-печать подготовленных моделей.

Основным научным результатом выполнения данной работы является технологический процесс построения трехмерного и физического макетов Албазинского острога. Практическая значимость исследования состоит в возможном применении разработанного технологического процесса для исторической реконструкции других объектов исторической значимости.

1 ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ ПРОВОДИМОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Цель и общий алгоритма решения задачи

1.1.1 Компьютерная историческая реконструкция

Компьютерная историческая реконструкция – воссоздание культуры той или иной исторической эпохи с использованием информационных технологий. На данный момент компьютерная историческая реконструкция является важной проблемой. В двадцать первом веке направление исторической реконструкции охватило большое количество стран, так как историческая реконструкция способствует развитию туризма и как следствие экономическому развитию как отдельных регионов, так и целых стран [1].

Предметом исследования являются информационные технологии, используемые в исторической реконструкции. Основной информационной технологией, помогающей наглядно оценивать результаты и оперативно вносить исправления является трехмерное моделирование [2]. Трехмерное моделирование (3D-моделирование) – применяется в большом количестве областей деятельности, например, в промышленности. В промышленности необходимо учитывать физические свойства поэтому моделирование проводится посредством САПР (система автоматизированного проектирования). Проектирование с помощью компьютера (CAD, Computer-Aided Design) – термин, охватывающий большой спектр инструментов, который помогает инженерам различных отраслей. Будучи главным элементом управления жизненным циклом изделия, системы САД включают множество средств – от систем создания чертежей до моделирования поверхностей и объемных тел. Данные инструменты моделирования позволяют получить модели так же в сфере медицины (например, проектирование протезов), архитектуру (проектирование сооружений) и др.

Самая бурно развивающаяся область применения трехмерного моделирования — это индустрия развлечений. Индустрия развлечений – это комплекс организаций, предоставляющих все товары и услуги необходимые в процессе проведения досуга. К индустрии развлечений относят различные шоу-

программы, фильмы, концерты, сувениры, компьютерные игры, и т.д. Разнообразие услуг и товаров индустрии развлечений определяет широкий диапазон применения в этой сфере компьютерного моделирования [3]. Области, которые продвинулись дальше всех в использовании компьютерного моделирования, – это кинематограф и игровая индустрия. В данных сферах, а также в рекламе и маркетинге, дизайне применяются другие виды моделирования в отличие от промышленности, такие как полигональное, сплайновое моделирование и трехмерный скульптинг.

Полигональное моделирование представляет собой работу с базовыми примитивами, такими как точка ребро и грань. Позволяет создавать сравнительно простые объекты или подготовить заготовки для последующего усложнения с использованием трехмерного скульптинга.

Сплайновое моделирование позволяет создавать объекты со сложной геометрией, используя при этом кривые, описываемые математическими уравнениями.

Трехмерный скульптинг – это программная имитация работы скульптора. Скульптору предоставляется базовая модель (обычно сфера), с которой он взаимодействует посредством цифровых кистей. С помощью трехмерного скульптинга создаются плавные органические формы и модели.

Для существенного упрощения работы специалистов используются 3D-сканирование и фотограмметрия. 3D-сканирование представляет собой получение виртуальной копии поверхности объекта посредством специального оборудования, называемого 3D-сканером. Сканер определяет расстояние до объекта с помощью камер, лазеров, дальномеров. Фотограмметрия же использует набор изображений объекта (фото) с различных сторон. Координаты точек объекта определяются путём измерений, выполняемых по двум или более фотографиям, снятым из разных положений.

Существует множество примеров использования информационных технологий для исторической реконструкции. Так в работах Д.И. Жеребятьева [4], Бородкина Л.И. [5] рассматривается процесс пространственной реконструкции

монастыря Всех скорбящих радости с примыкающей территорией северной части Москвы во второй половине XIX – в начале XX века. Для получения размеров из сохранившихся фотографий построек использовалось программное обеспечение PhotoModeler Scanner. С помощью Autodesk 123D Catch был проведен анализ фотографий ряда надгробий и их трёхмерная реконструкция. Модель монастыря была создана в программе 3D World Studio. Общая визуализация сцены происходила в среде разработки компьютерных игр Unity.

Так же в работе И.И. Поздняковой [6] с помощью 3D-моделирования была осуществлена реконструкция здания Кенигсбергской Янтарной мануфактуры. В своей работе автор использовал 3D-снимки, полученные и распознанные с помощью программного и технического обеспечения Riscan Pro. После полученные облака точек были сконвертированы в полисетку с помощью Geomagic Studio, в последствии была доработана в программе SketchUp.

В работе Н.В. Иридекова, И.В. Янченко [7] разрабатывалась виртуальная 3D-реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас. Компьютерная модель была получена посредством Agisoft PhotoScan (сканирование модели), Pixologic ZBrush (ретопология) и Autodesk 3DSmax с плагином V-Ray (создание сцены для рендеринга).

В исследовании М.Ю. Остапенко [8] была реконструирована колокольня Стростного монастыря XVIII – XIX века. С помощью Google SketchUp была создана модель колокольни, которая визуализировалась с помощью Unity и программы визуализации строительных конструкций Lumion.

Анализ источников показал, что большинство исследований, касающихся реконструкции исторических объектов, сохранившихся до настоящего времени, использовали технологию 3D-сканирования, в случае реконструкции утраченных объектов использовали различные чертежи, фотографии, обрабатываемые графическими редакторами. Разработка модели часто происходила в Google SketchUp, а визуализация в игровом движке Unity.

Можно отметить что в последнее время появляется достаточно много исследований с применением информационных технологий в исторической реконструкции, что подчеркивает востребованность рассматриваемой проблемы.

1.1.2 Историческая справка об Албазинском остроге

Один из эпизодов освоения русскими землепроходцами Приамурья в XVII в. связан с Албазинским острогом – а именно, «Албазинское сидение», когда албазинские казаки и служилые люди несколько лет выдерживали осаду Албазина, противостоя превосходящему численно и по вооружению маньчжурскому войску. Албазинский острог находится на Верхнем Амуре и впервые упоминается в письменных источниках под 1650 г. в связи с походом в Приамурье отряда Ерофея Хабарова [9]. Тогда казаками Хабарова был захвачен городок даурского князя Албазы, в котором они перезимовали. Затем городок был оставлен и восстановлен как русский острог только в 1665 г. отрядом беглых казаков Никифора Черниговского, пришедших на Амур с Лены. С этого момента Албазин начал активно развиваться, став центром русского освоения Приамурья [10]. В 1682 г. русское поселение при остроге получило официальный статус уездного центра. Успешное освоение албазинцами Приамурья вызвало беспокойство маньчжур, завершивших к тому времени покорение Китая и основавших династию Цин. При императоре Канси был разработан план противодействия русским, который предполагал постепенное продвижение маньчжурских войск на Амур, создание опорных баз и разрушение русских поселений. В 1682 г. был разрушен находящейся на р. Долонец (левый приток р. Зея) Долонский острог, в 1683 г. – находящийся на другом левом притоке Зеи – р. Селемджа Селембинский острог, в начале 1684 г. – Верхозейский острог. В июне 1685 г. маньчжурские войска подошли к Албазину и начали штурм. Боевые действия продолжались недолго, цинским войскам с помощью артиллерии удалось разрушить деревянные сооружения крепости, его защитники были вынуждены заключить перемирие и оставить острог. Однако маньчжуры также покинули Албазин, уйдя вниз по Амуру. Воспользовавшись этим, русские вернулись и восстановили крепость с земляными укреплениями, способными про-

тивостоять артиллерийскому огню. Это позволило во время нападения на город маньчжур в 1686 г. успешно оборонять его до конца года. Затем боевые действия перешли из «горячей» в «холодную» фазу и началась долгая блокада острога маньчжурскими войсками, известная, как «Албазинское сидение». Она продлилась до 1689 г., когда был подписан Нерчинский мирный договор между Российским государством и Цинской империей, по условиям которого Россия отказалась от Приамурья. Эти территории были возвращены Россией лишь в середине XIX в [11].

1.1.3 Алгоритм онтологической обработки данных

На данный момент при создании сложных, т.е. многосоставных систем в основном используется системный подход, отличающийся от устаревшего классического подхода, который рассматривал создание системы от частного к общему и конструировал ее модель путем слияния отдельных компонент. Системный подход изначально предполагает обратный алгоритм действий, в рамках которого исследуемый объект мысленно выделяется из окружающей его среды.

В нашем исследовании в роли изучаемой системы будет выступать полностью утраченный комплекс архитектурных сооружений XVII века, а в качестве внешней среды – существующие на текущий момент канонические трактовки его облика и характерные архитектурные аналоги. Для синтеза внутренней структуры исследуемой системы нужно использовать общий массив существующих данных, анализируемых совместно.

В рамках подобного подхода этап конечного синтеза системы, т.е. генерации линейных размеров отдельных структурных элементов превращается в достаточно трудоемкую практическую задачу. Для упрощения можно воспользоваться теорией онтологии, рассматриваемой с позиции точных наук и позволяющей реализовать формальную спецификацию искомой концептуальной модели (Рис. 1) [12].

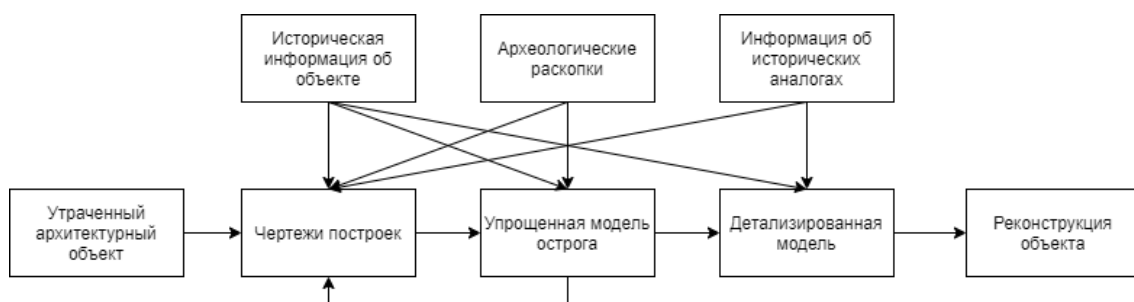


Рисунок 1 – Схема согласования данных, необходимых для онтологического анализа

Полученная спецификация исходных исторических данных дает возможность четкого определения трех последовательных этапов решения задачи, укладывающихся в принципы системного подхода:

Первый этап. Разработка чертежей известных построек острога на основе величин, полученных из «Росписи Албазинского острога», раскопок дополняя недостающие элементы информацией об исторических аналогах.

Второй этап. На основе полученных чертежей создаются упрощенные трехмерные модели построек. На совмещенной карте размещаются известные постройки, согласно длинам стен, размещаются остальные элементы, вычисляются углы. Благодаря такой схеме можно так же определить приблизительные размеры объектов, о которых недостаточно информации, и как следствие доработать чертежи.

Третий этап. На основе информации о технологиях строительства того времени и информации о исторических аналогах XVII века создается реалистичная детализированная модель.

1.2 Исходные исторические данные

1.2.1 Архивные записи об Албазинском остроге

Албазинский острог имеет три этапа своего существования, в данном исследовании рассматривается второй этап, так как в третьем этапе (1686-1689 гг.) острога как такового не было, а была деревоземляная крепость, построенная заново. Старая крепость, построенная на первом этапе (1665/1666-1682 гг.), является частью большого острога 1683-1685 гг. Информация об Албазинском

остроге представлена в административных документах, составлявшиеся при передаче крепости от одного приказного человека другому. Для описания данного этапа возможно использование следующих источников:

- а) «Росписной список людей, казны, хлеба, имущества и книг Албазинского острога, составленный приказным человеком Семеном Михайловым при приеме этого острога от приказного человека Албазинского острога Никифора Черниговского» 1674 г.[13];
- б) «Роспись Албазинского острога» 1684 г.[14];
- в) Копия XVIII в. «Росписи государеве казне Албазинского острогу».

Помимо вышеуказанных основных источников имеются свидетельства осады Албазинской крепости, написанные Лантанем - маньчжурским полководцем, руководившим осадой Албазинской крепости [15].

1.2.2 Архивные изображения Албазинского острога

Помимо текстовых описаний существует несколько графических источников, которые позволяют узнать некоторые особенности фортификации Албазинской крепости в этот период:

Листы главы 54 «Река Амур с урочищи», содержащие рисунок, Албазинской крепости в атласе Семена Ремезова «Хорографическая чертежная книга» (конец XVII - начало XVIII вв.), который хранится в Библиотеке Гарвардского университета (Рис. 2) [16].



Рисунок 2 – Албазинская крепость 1682-1685.

Китайский рисунок «Luosha», изображающий осаду русской крепости из атласа XVII века «Aihun, Luosha, Taiwan, Nei Menggu tu», который хранится в Библиотеке Конгресса США (Рис. 3) [1735].



Рисунок 3 – Осада Албазинской крепости маньчжурами в 1685 году.

Рисунок «Luosha» имеет достаточно большое разрешение и множество деталей, что может оказать помощь при обустройстве внутреннего наполнения острога.

1.2.3 Сохранившаяся информация об архитектурных аналогах

Одним из главных сохранившихся архитектурных аналогов того времени являлся Илимский острог. В исследовании Николая Крадина представлена попытка восстановления планировки острога и его различных объектов: гостинный двор, приказная изба, комплекс воеводского двора, башни, соляной и соболиный амбары [18]. Главным преимуществом данного исследования является наличие сохранившихся фрагментов острога (Спасская проездная башня и часовня).

Так же подходящими примерами зодчества того времени являлись Братский (Рис.4, а, б) и Якутский остроги (Рис. 4, в), фрагменты которых дожили до наших дней [19].

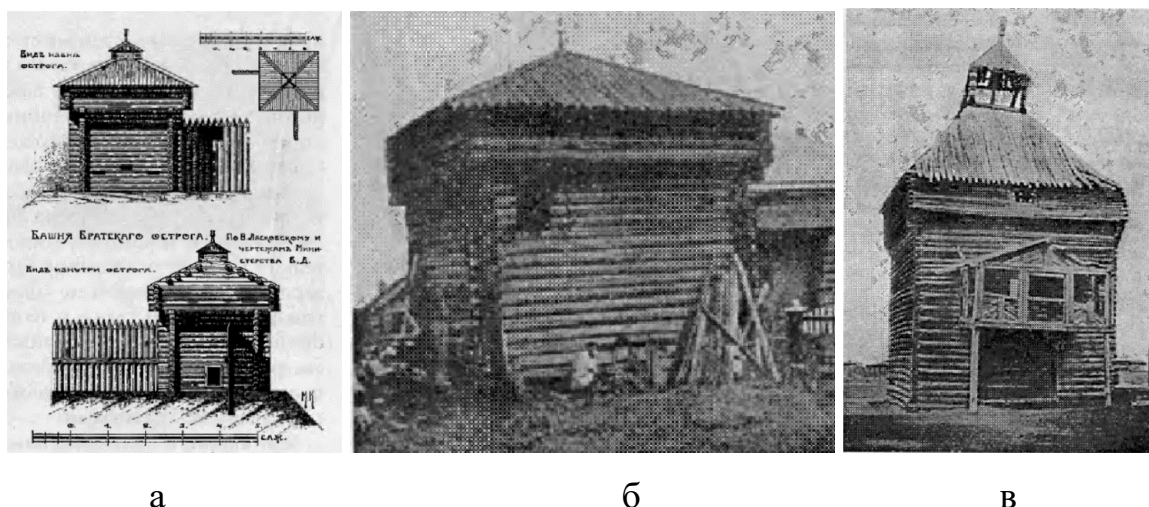


Рисунок 4 – Изображение башен Братского и Якутского острогов

Хорошим референсом для воссоздания построек может послужить карта Тюменского острога XVII века. На данной кате имеются изображения и названия различных сооружений таких как приказная изба, амбары и др. [20] (Рис. 5).



Рисунок 5 – Карта Тюменского острога

В качестве источника информации по технологиям строительства того времени так же выступает литература по древнерусскому зодчеству.

1.3 Исходные археологические данные

1.3.1 Результаты экспедиции 1974–1976 гг. и 1979–1980 гг.

Полноценные археологические исследования острога были начаты в 70-е гг. XX в. Тогда были проведены раскопки на территории острога отрядом Северо-Азиатской комплексной экспедиции Института истории, филологии и философии СО АН СССР: в 1974–1976 гг. и в 1979–1980 гг. Раскопками руководили В.В. Сухих и С.Г. Глинский [21], активное участие в них принимал Б.С. Сапунов. Топоплан раскопов представлен на рисунке 6.

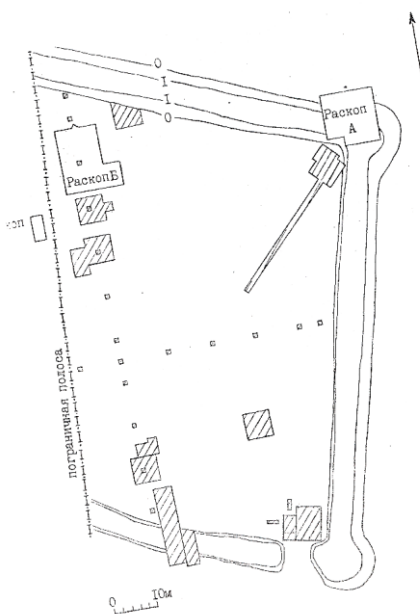


Рисунок 6 – Топоплан Албазинского острога, выполненный экспедицией под руководством В.В. Сухих и С.Г. Глинского.

Тогда были сделаны уникальные открытия – в колодце в образовавшейся линзе вечной мерзлоты было найдено множество изделий хорошей сохранности из дерева, кожи, ткани: предметы быта, хозяйственная утварь, одежда и обувь – то, что обычно на археологических памятниках не сохраняется. Было раскопано около сотни погребений жителей острога и найдены уникальные предметы сфрагистики. Исследователями были предложены реконструкции крепостных

сооружений, устройства жилищ (землянок) и других объектов внутри острога (колодца и т.д.). Один из выводов по поводу устройства Албазинской крепости гласит: «Археологические раскопки, произведенные на ее территории, наглядно показывают осуществление переходов от малых острогов, отгороженных стоячим тыном, к возведению мощной земляной крепости, призванной противостоять противнику, оснащенной осадной артиллерией» [22].

1.3.2 Результаты экспедиции 1988-2002 гг.

Следующий этап изучения Албазинского острога связан с работами Амурского археологического отряда Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН под руководством А.Р. Артемьева. Топоплан раскопов представлен на рисунке 7.

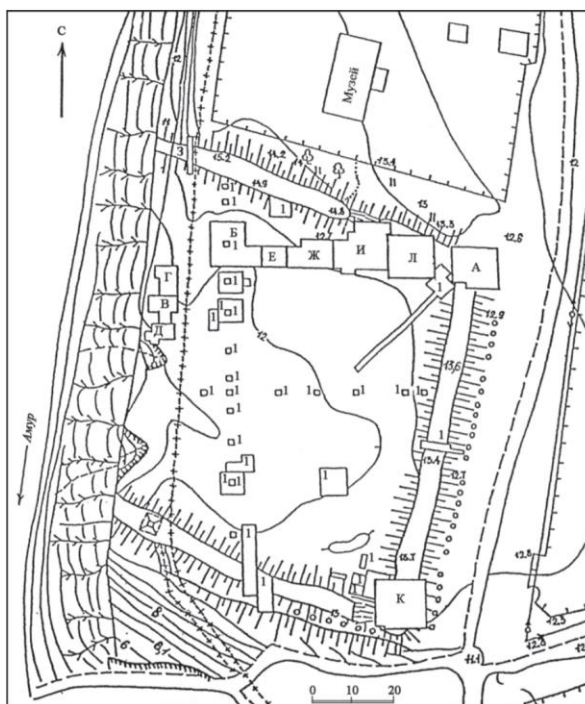


Рисунок 7 – Топоплан Албазинского острога, выполненный экспедицией А.Р. Артемьева.

Экспедиция работала с 1988 по 2002 г. (с перерывами в 1995 и 1998 гг.), благодаря ее деятельности была исследована значительная часть острога и введены в научный оборот новые результаты. Экспедицией была изучена северная часть острога с ее фортификационными сооружениями, юго-восточная башня,

раскопаны отдельные сооружения, в т.ч. и землянка в северо-западной части крепости с останками 57 человек [23].

1.3.3 Результаты экспедиции 2011-2016 гг.

В 2011 г. силами Албазинской археологической экспедиции, созданной Фондом «Петропавловск» и Центром по сохранению историко-культурного наследия Амурской обл., исследования острога были возобновлены. Для выбора нового места раскопок была использована технология магнитометрии (Рис. 8) [24]. Магнитометрическое исследование, проведенное геофизиками ГК «Петропавловск», выявило несколько аномалий.

В 2012 г. были начаты археологические раскопки на территории острога сотрудниками Албазинской археологической экспедиции. Магнитометрическая съемка позволила определить наиболее перспективные места для проведения раскопок – в центре острога, в юго-западном, северо-западном углах острога и по центру восточного вала.

В процессе раскопок в северном секторе раскопа была найдена столбовая конструкция, представляющая собой ряд вкопанных вертикально деревянных столбов. В ходе полевых работ 2012 г. было выдвинуто предположение о том, что обнаруженное – это свайный фундамент временном строительстве такая конструкция носит название «стулья».

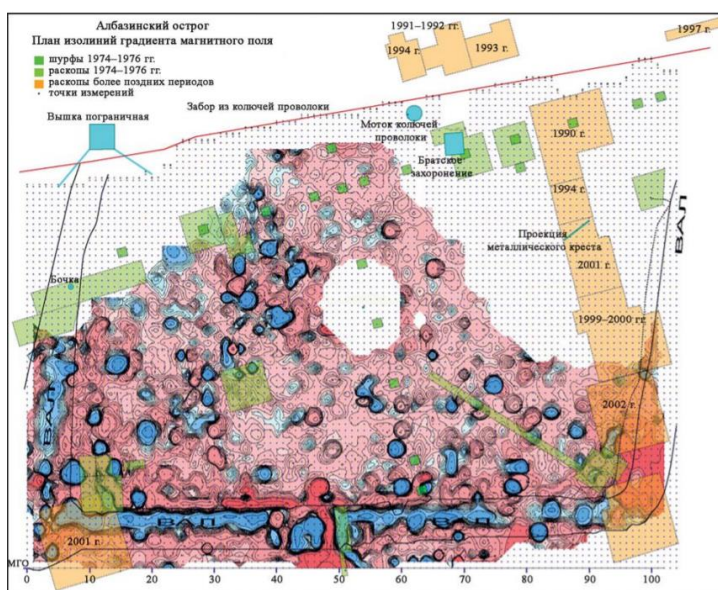


Рисунок 8 – Данные магнитометрической съемки Албазинского острога.

В 2013 г. раскопки на территории острога были продолжены. Целью являлось закончить исследование обнаруженного в северной части раскопа в 2012 г. сооружения, предположительно церковь, а также раскопать зафиксированные в южной части раскопа погребения. Сильные дожди, приведшие к наводнению в регионе, осложнили работы. Насыщенность слоя грунтовыми водами затрудняла зачистку, поэтому в полевом сезоне 2013 г. удалось только доисследовать обнаруженный ранее свайный фундамент сооружения и изучить находящуюся южнее его хозяйственную яму. Так же в 2013 г. в ходе проведения археологических разведок на территории села Албазино была обследована т.н. маньчжурская батарея – небольшая возвышенность (2–3 м) к северу от сооружений острога на берегу Амура. В последующие года раскопок были найдены различные места погребения и массового захоронения [25].

2 ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ АЛБАЗИНСКОГО ОСТРОГА

2.1 Существующие реконструкции Албазинского острога

2.1.1 Результаты исследований Кочедамова В.И.

В исследованиях Кочедамова В.И. представлена следующая информация. Албазинский начальник Андрей Воейков сообщил, что его служивые и промысловики в разъездах: «А как люди с промыслов выйдут я тот час велю башни рубить, и как земля растает велю ров копать, чеснок бить и надолбы делать, а мерою тот албазинский острог кругом в длину и ширину стошестьдесят полшестьдесяти сажени печатных (352,5 м) с башнями, а башня проезжая от слободы на увале будет четырех сажен (8,5 м), другая проезжая башня будет с полевую сторону полчетверти сажени (7,45 м), три угловые башни будут по три сажени (6,4 м), а в верхнюю сторону Амура на яру в углу поставлю воеводский двор». Новая крепость была построена к лету 1683 года [26]. На следующий год ее принимал воевода Алексей Толбузин, была составлена опись, из которой можно узнать, что стены нового острога обошли старый. Стены имели высоту 2,5 сажени (5,3 м). На расстоянии одного аршина (0,7 м) был сделан плетень, засыпанный землей, а над ней были сделаны «палати» шириной в одну сажень (2,1 м), подняться на «полати» можно было с 7 лестниц. Информации о размерах городней в описи не представлено, предположительно, это были срубы 2x2 м. Составленные подряд, они представляли прясла стен между башнями. Северная стена была длиной 85,2 м; восточная была разделена въездной башней на отрезки 45,8 и 34,3 м; южная, также раздененная проезжей башней, имела стены 31,9 и 43,3 м; западная длиной 93,7 м, включала две башни постройки 1667 года, а на северо-западном углу заканчивалась воеводским двором. Общие габариты крепости составляли около 100 на 100 м. Угловые башни имели стороны от 7,1 м до 5,7 м и высоту 6,4 м до облама и облам 1,4 м. одной из своих стен входил старый острог, имевший размер 38,3 на 27,7 м. Две береговые башни состояли из жилых изб с «нагороднями», а третья – Спасская – «с полевой приступной стороны» имела ворота, над ними Приказную избу и караульню на ша-

тровой кровле. В новом сооружении выделялись две воротные башни. Первая, «в восточной стене размером 4 на 4 сажени» (сторона 8,5 м) имела двойную наружную стену. Ее высота вместе с обломом составляла 8,5 м и шатер с «чердаком для караулу» – 9,6 м. На чердаке был расположен – деревянный орел, обитый белым железом. Восьмигранная южная проезжая башня имела двойные стены, выпуски которых создавали мощные вертикальные членения. На высоте 7,1 м башня получала напуск из гладких брусьев высотой 1,4 м. Выше облама была нарублена колокольня той же восьмигранной формы, но из круглых бревен, рубленных в лапу. Она покоилась на внутренних стенах, что позволило устроить галерею, «у которой перила забраны в косяк с окны и покрытую двойным тесом с зубцами». Колокольня надстройка завершалась 16 столбами с косячными перилами и брусчатым развалом, над которым покоилась восьмигранная пирамида шатра высотой 9,6 м, завершенная луковицей с крестом. Там успели построить только Спасскую церковь и съезжую избу. В старом остроге стоял амбар для ясачной казны и находился колодец с «вододейкой» (железным механизмом) [27][28].

План крепости, составленный В.И. Кочедамовым представлен на рисунке 10. На рисунке 9 изображен макет, созданный на основе эскизов, разработанных Кочедамовым.



Рисунок 9 – Макет острога, хранящийся в Албазинском краеведческом музее.

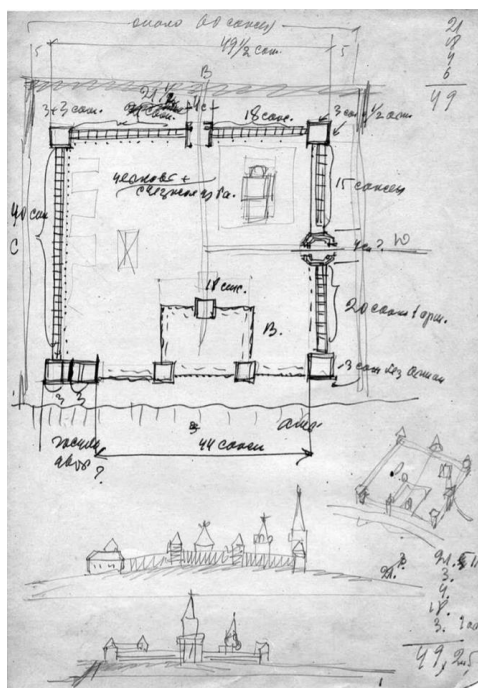


Рисунок 10 – План Албазинской крепости с размерами

Данный набросок был сделан еще в 70-х годах и не отражает современных данных, так как конфигурация острога имеет форму близкую к трапеции, что доказывается информацией о раскопках.

2.1.2 Результаты исследований Артемьева А.Р.

В исследованиях Артемьева А.Р. написано следующее. На данный момент изучены остатки северо-восточной башни острога, вскрыты значительные участки в северо-западной и западной прибрежной частях крепости. Общая площадь исследованной территории составляет 559 м², что в совокупности с примерно 400м², раскопанными в 70-е годы составляет около 12% от всей сохранившейся площади острога. В полевых сезонах 1989-1990 и 1997 гг. нами изучались оборонительные сооружения Албазина, уже неоднократно привлекавшие внимание историков архитектуры. Сведений о внешнем облике укреплений Албазина времен Н.Р. Черниговского немного. Они содержатся в «Росписном списке Албазинского острога [29], составленном 109 сыном боярским Семеном Вешняковым при принятии его от прикащика Никифора Черниговского» в 1674 г. и в описании острога, составленном в 1684 г. воеводой А.Л. Толбузиным. Согласно этим данным в 1665-1682 гг. Албазинский острог был в

плане прямоугольным и имел размеры 28x39 м. Его тыновые стены были усилены по углам с западной прибрежной стороны двумя башнями. Еще одна башня находилась посередине восточной стены острога. К сожалению, следы этих укреплений при археологических исследованиях пока не встречены. Стены нового острога оградил значительную большую, чем прежде, территорию, обойдя с трех сторон старый острог [30]. Сохранилось подробное описание острога, составленное в 1684 г. Воеводой А.Л. Толбузиным. Новые стены имели высоту 5,3 м и были «покрыты двойным тесом с зупцами». Северная стена острога имела длину 85 м и заканчивалась квадратной 6,4x6,4 угловой башней. Восточная стена делилась проездной башней (8,5x8,5 м) на отрезки 46 и 37 м. Южная стена также имела проездную башню, но уже круглую, которая делила стены на отрезки в 32 и 43 м. Западная береговая стена длиной 97 м включала две башни острога, поставленного еще Н.Р. Черниговским. Под этими башнями находились избы для аманатов, под которых собирали ясак. В северо-западном углу острога находился «государской двор на приезд воеводам и приказным людям». Далее в описи говорится о том, что «с трех сторон по острогу нарублены городни». Раскоп площадью 136 кв.м был заложен нами в северо-восточном углу острога в месте соединения его северного и восточного валов. В него целиком попали обугленные остатки угловой башни и примыкающих к ней стен крепости. Было достоверно установлено, что стены острога 1683-1685 гг. имели конструкцию в виде тына - вертикально вкопанных в землю вплотную друг к другу бревен. При археологических исследованиях были обнаружены тарасы - две параллельные стены с перерубами через 3,5-4,5 м. Остатки бревен, поддерживавших помост, зафиксированы на расстоянии около 2 м от стен острога. Остатки тыновых стен острога вплотную примыкали в раскопе к также обугленным останкам башни, исключая какие бы то ни было сомнения в одновременности их сооружения. От башни, имевшей в соответствии с описью 1684 г. в плане форму квадрата со стороной 6,4 м, частично сохранились нижний венец сруба и плахи пола. Вдоль внутренней западной стены башни находились сени размерами 1,1x3 м, в которых, по-видимому, начиналась лестница, ведущая на

ее второй этаж. Следы лестницы, которая вела с нижнего, по-видимому, глухого этажа башни на второй зафиксированы в её северо-западной части. Они представлены остатками двух вертикально стоящих бревен [31].

На основании данных письменных источников, археологических материалов и инструментального топографического плана нами сделана принципиально новая графическая реконструкция (Рис. 11) оборонительных сооружений острога в 1682-1685 гг., которые согласно описи 1684 г. были усилены рвом шириной 6,4 м и глубиной 3,2 м. Тыновые стены Албазинского острога сослужили его строителям плохую службу. На рисунке 12 изображен макет, созданный на основе эскизов, разработанных Артемьевым.

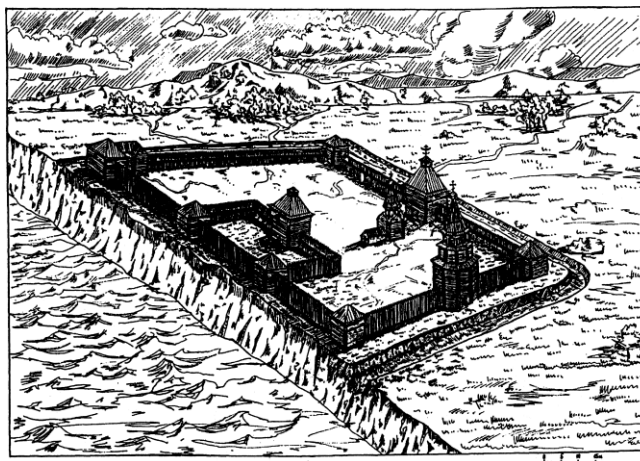


Рисунок 11 – Реконструкция Албазинской крепости



Рисунок 12 – Макет острога в Амурском областном краеведческом музее

Иностранцы, с которыми столкнулось русское население в Сибири и на Дальнем Востоке, не знали пушечного боя, и такие стены надежно защищали землепроходцев от их стрел. Однако противостоять голландским пушкам маньчжуров они не могли. Именно это обстоятельство во многом предопределило быстрое падение Албазина при его осаде в 1685 г [32].

Представленный эскиз на уровне с предыдущим имеет недостатки, форма периметра острога, вид некоторых сооружений и др.

2.1.3 Альтернативные репликации острога

В труде «Албазинский острог в 1665/1666-1689 гг.: фортификация и защитники - опыт исторической реконструкции» за авторством Трухина В.И. и Багрина Е.А. было дано следующее описание малого острога [33].

О пограничной крепости 1665/1666-1682 года мало что известно. Ее общий облик описан только в документе 1674 года составленного Семеном Вишняковым, который принял управление в остроге [34].

В плане он был формой близкой к ромбу, имевшему около 39 метров по южной и северной стенам и по 28 метров запад-восток. Острог располагался согласно особенностям местности. Южная стена проходила вдоль мелкой речки, впадающей в Амур, а восточная по краю обрыва к этой реке. Стены острога были образованы из плотно вкопанных заостренных бревен. Эти стены имели «нагородню» с дощатой крышей. Со стороны Амура крепость имела две башни с четырехскатными крышами. Высота башен составляла около 6,4 метра. У башен также имелись бойницы для стрельбы, так же башни использовались как жилые помещения. В противоположной стороне острога находилась проезжая башня, имевшая караульный чердак покрытый крышей из досок. В башне располагалась администрация. Размер этой башни был не известен [35].

Про большой острог в исследовании сказано следующее. В 1682 году Албазинский острог стал центром Албазинского воеводства. В начале 1680-х годов из-за присутствия русских в Приамурье обострились отношения с империей Цин, из-за этого Россия стала укреплять границы. В течение 1681-1684 годов укрепления острога были построены заново с учетом новых требований к обо-

роноспособности при этом сохранив старую крепость. В 1684 году прибыл воевода Алексей Толбузин который составил описание острога.

Площадь нового острога стала больше в три раза. Длина западной стены составляла около 95 метров, а восточной 85-86 метров. Идущая вдоль малой реки стена была 76-77 метров, а северная 86-87 метров. Высота была приблизительно 5 метров.

Все стены кроме западной были укреплены дополнительной стеной высотой два метра из плетня находящейся на расстоянии 0,7-1 метра. Пространство было засыпано землей. Вверху и внизу были сделаны бойницы. Для верхнего ряда были сделаны помосты шириной 2 метра и 7 лестниц для подъема. Стены были так же с кровлей.

В башне было построено 6 башен, не считая башен малого острога.

Угловые башни имели высоту около восьми метров и ширину у основания около 6,5 метров. На каждой из башен был «облам». В стенах башен и в «обламе» были сделаны бойницы. Башни были двухэтажные крыты были дощечатой четырехскатной крышей.

Восточная проездная башня имела высоту около 19-20 метров (8-9 стены и 10-11 кровля) ширина основания около 8-9 метров. В башне было 3 этажа. На крыше имелся караульный чердак, а на нем двуглавый орел.

Южная «круглая» проездная башня имела в основании восьми угольник. Стены были двойными высотой около 8-9 метров на которых была выстроена колокольня такой же высоты высота кровли около 10-11 метров. Общая высота постройки примерно 30 метров. Сооружение имело 4 этажа. Основной сруб и колокольня были с «розвалом» высотой около 1,5 метров. У розвала были перила из досок с окнами крытая двухслойной кровлей. На «розвале» колокольни были нарублены 16 столбов, удерживающих крышу в виде шатра. На той кровле был купол с крестом. Баня возможно была соединена с церковью переходом.

Общее схематичное представления сооружения представлено на рисунке 13.

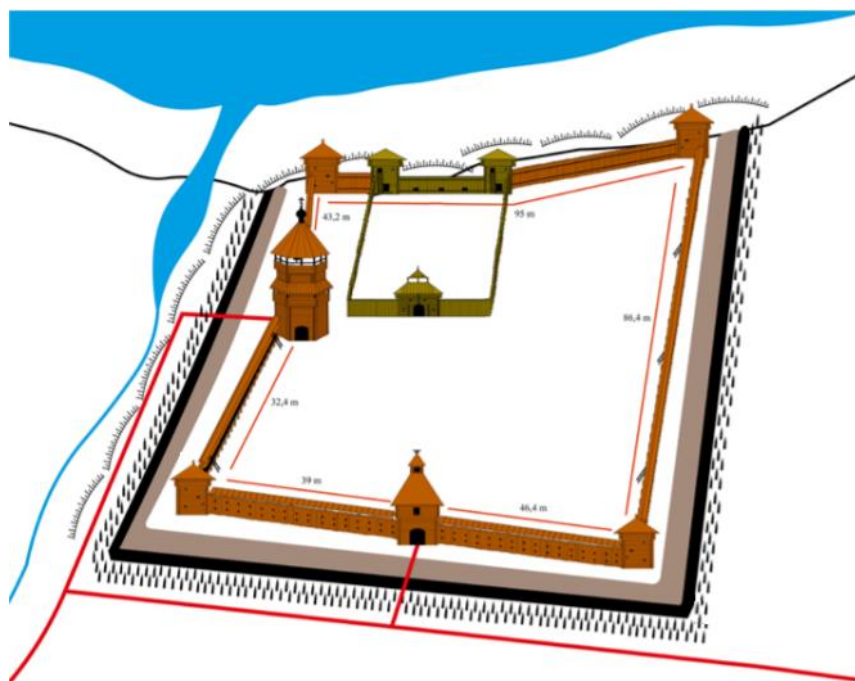


Рисунок 13 – Албазинская крепость 1682-1685 годов

Из приведенных исследований можно заметить неоднозначность некоторых решений в связи с недостатком информации. Форма и положение как всего острога, так и отдельных строений отличаются от представления к представлению. Ни в одном из исследований не было сопоставления положений объектов с картой раскопок.

2.2 Программное обеспечение визуализации текущих данных

2.2.1 Система автоматизированного проектирования Компас-График

Компас – система автоматизированного проектирования, предназначенная для создания чертежей изделий, схем, спецификаций, таблиц, инструкций, расчетно-пояснительных записок, технических условий, текстовых и других документов. Система ориентирована на ЕСКД, ЕСТД, СПДС и международные стандарты [36].

«Компас» автоматически создает связанные виды трёхмерных моделей, разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом. Все изменения, вносимые в модели, так же отражаются и в генерируемом чертеже. По умолчанию строятся проекционные виды. Обозначение,

наименование, масса модели автоматически вносится в основную надпись чертежа, помимо этого можно привязать спецификацию.

«Компас» имеет следующие редакции: «Компас-График», «Компас-СПДС», «Компас-3D», «Компас-3D LT», «Компас-3D Home». В дальнейшем для создания чертежей посторек необходим «Компас-График» – модуль для работы с чертежами и эскизами, предназначенный для решения задач двухмерного проектирования и создания документации. Главное окно системы представлено на рисунке 14.

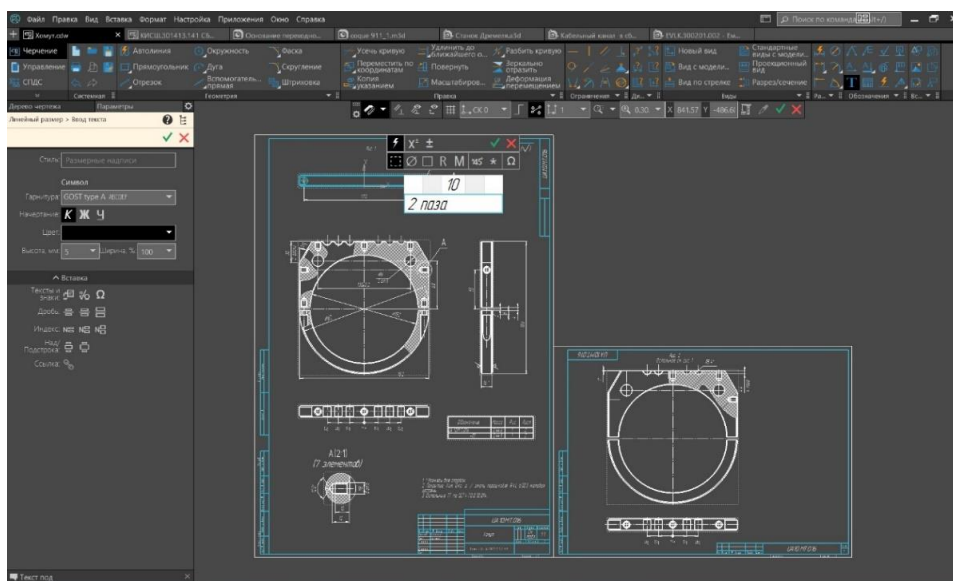


Рисунок 14 – Главное окно системы «Компас-График»

«Компас-График» предоставляет следующие возможности:

- а) разнообразные способы и режимы построения графических примитивов;
- б) интеллектуальные режимы привязок;
- в) любые стили линий, штриховок, текстов;
- г) многочисленные способы простановки размеров и обозначений;
- д) многодокументный режим работы с чертежами;
- е) возможности коллективной работы над чертежами;
- ж) встроенный табличный редактор.

Помимо этого, Компас позволяет создавать многостраничные чертежи, с неограниченным количеством листов.

2.2.2 Пакет трехмерного моделирования Blender

Для создания моделей построек будет использован пакет трехмерного моделирования Blender. Blender – свободное профессиональное программное обеспечение с открытым исходным кодом (лицензия GNU GPL 3), включающее в себя инструменты моделирования, создания анимации, возможности рендеринга изображений, постобработки и монтажа видео, компоновки с помощью «узлов» (Node Compositing), а также встроенного движка для создания игр [37]. Главной особенностью Blender является низкое потребление ресурсов при его широком функционале. Главное окно программы представлено на рисунке 15.

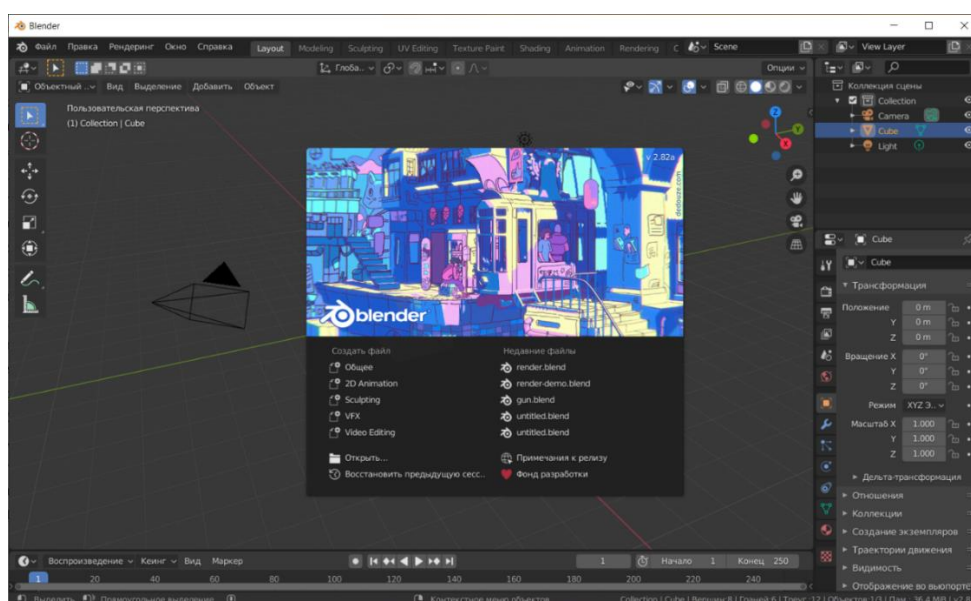


Рисунок 15 – Главное окно Blender

Базовый вид интерфейса имеет центральную рабочую область, верхнюю панель с настройками взаимодействия с элементами, а также различные инструменты, которые дублируются на левой панели, и временную шкалу для анимации внизу [38]. На правой половине находится окно содержащее список объектов на сцене и набор вкладок с различным функционалом (например, вкладка «Модификаторы» для применения глобальных модификаций к объекту). В верхней части располагаются различные меню (например, меню выбора компоновки интерфейса). Так как Blender имеет внушительный функционал в различных областях трехмерной графики, остановимся более подробно только

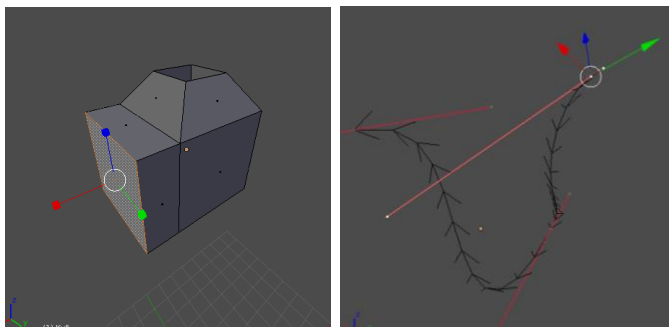
на 3D-моделировании. Моделирование в программе представлено практически всеми известными видами:

а) Полигональное моделирование (Рис. 16, а). Функции, которые его представляют это различные инструменты выделения и инструменты работы с полисеткой.

б) Моделирование с использованием кривых. Возможно построение кривых Безье (Рис. 16, б), кривых NURBS (англ. Non-uniform rational B-spline или неоднородный рациональный B-сплайн) так же есть возможность нарисовать кривую вручную [39].

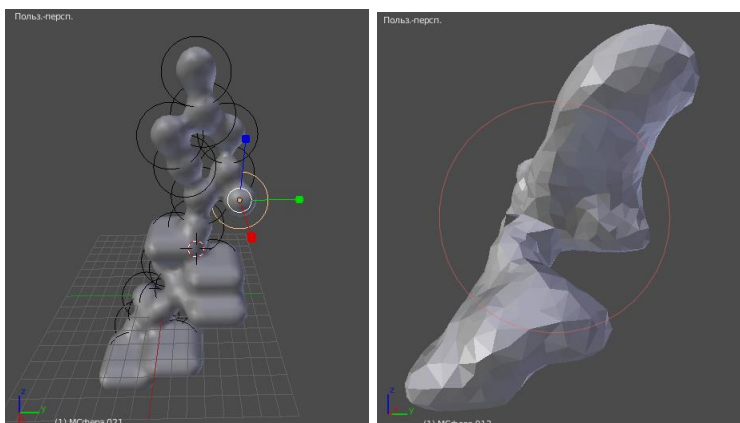
в) Моделирование с использованием метасфер (Рис. 16, в).

г) 3D-скульптинг (Рис. 16, г).



а

б



в

г

Рисунок 16 – Виды моделирования в Blender

Среди инструментов так же доступны пользователю булевы операции и различные модификаторы (подразделение поверхности, сглаживание, перестройка полисетки и др.) [40]. Сохранение и импорт возможно в широком спис-

ке форматов. Возможностей данных программных продуктов достаточно для достижения поставленной цели, также выбранное программное обеспечение не требует дорогостоящего оборудования для работы.

2.2.3 Растровый графический редактор GIMP

Для обработки изображений достаточно программного обеспечения GIMP. GIMP (GNU Image Manipulation Program) – это свободно распространяемый графический редактор с открытым исходным кодом для обработки фотографий, создания иконок, элементов графического дизайна и др. изображений [41]. Главное окно программы представлено на рисунке 17.

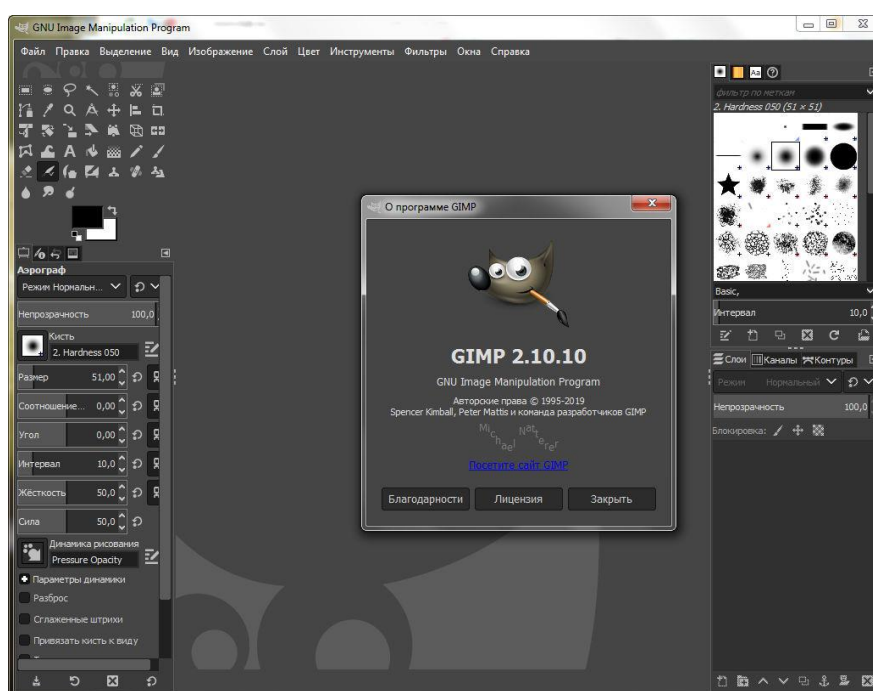


Рисунок 17 – Главное окно GIMP

GIMP предоставляет обширные возможности для работы с изображениями. Инструменты цветокоррекции: кривые; уровни; микшер каналов; постеризация; тон-насыщенность; баланс цветов; яркость-контраст; обесцвечивание [42]. С помощью различных инструментов можно сделать следующее: выровнять заваленный горизонт; убирать искажения, вносимые оптикой; корректировать перспективу; выполнять клонирование объектов с учётом перспективы; кадрировать фотографии; удалять дефекты вроде пыли на матрице (штамп, ле-

чебная кисть); имитировать использование различных цветофильтров; «вытаскивать» потерянную детализацию в тенях и т.д. [43].

2.3 Разработка базового топографического плана

2.3.1 Конструкция общего периметра крепостных стен и башен

На основе имеющейся информации о проводившихся раскопках, необходимо нанести ее на общую карту. Все работы с картами проводились в программном обеспечении GIMP. В качестве основной подложки был выбран топографический план составленный на основе результатов экспедиции 2011-2016 гг., поверх были нанесены раскопы других экспедиций (Приложение А).

Итогом совмещения карт точное местоположение трех построек (Рис. 17). Перечень объектов имеет следующее описание:

- а) На рисунке 18, а изображен фрагмент карты, содержащий основание церкви (верхний раскоп) и круглой проездной башни (нижний раскоп);
- б) На рисунке 18, б изображено основание северо-восточной угловой башни.

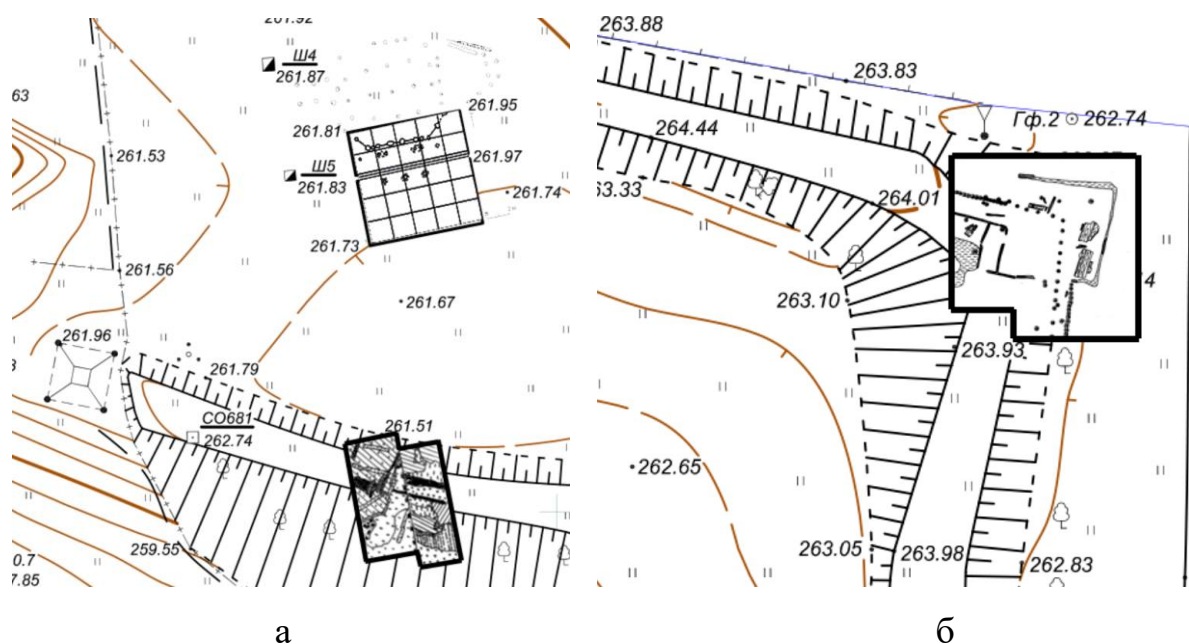


Рисунок 18 – Раскопы, нанесенные на общую карту

Далее требуется собрать информацию о всех размерах построек из источников первой главы. Основной контур острога насчитывает 10 основных построек: четыре угловые башни, две проездные башни и церковь, три башни

Черниговского острога. Все башни соединены между собой стенами. При описании следует учитывать, что размеры при переводе из старорусских величин в метрические: аршин $\approx 0,72$ м, маховая сажень $\approx 1,8$ м, казенная сажень $\approx 2,16$ м.

Первым сооружением возьмем северо-восточную башня острога, размеры согласно росписи, высота 3 маховые сажени (5,4 м) до облама; облам 2 аршина (1,44 м); ширина стен 3 маховые сажени (5,4 м). Башня имеет два этажа, причем со второго этажа есть выход на полати (настил вдоль стен). Кровля имеет четыре ската покрыта досками. Чертеж данного сооружения представлен на рисунке 19.

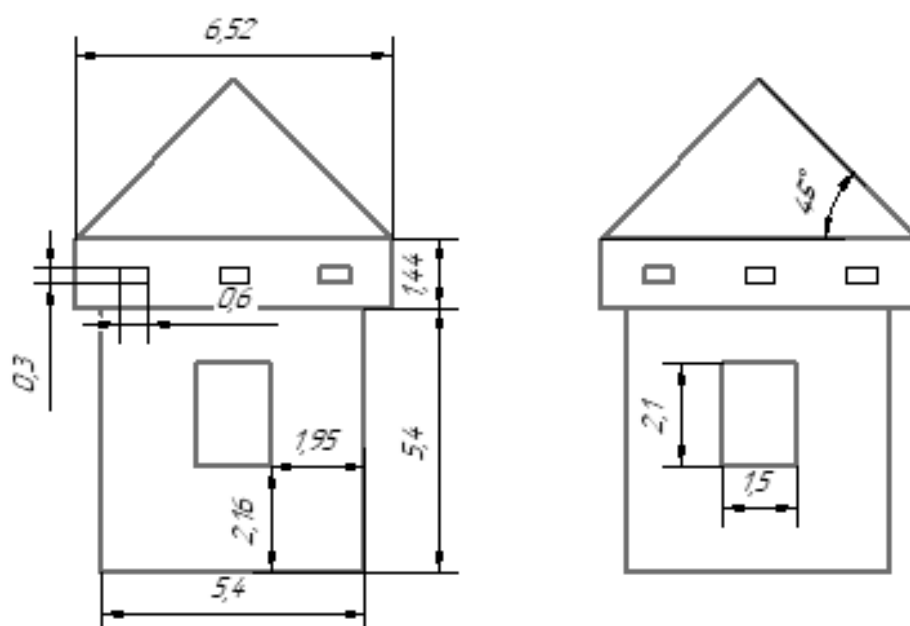


Рисунок 19 – Чертеж северо-восточной угловой башни

Следующим объектом является круглая проездная башня-колокольня, которая соединялась с церковью переходом. Башня имела форму восьми угольника в основании с двойными стенами. Сооружение имело следующие размеры высота до развала 4 маховые сажени (7,2 м), развал высотой 2 аршина (1,44 м), на развале расположен этаж по периметру, высота до колокольни 4 маховые сажени (7,2 м), шатер держат 16 столбов, высота шатра 5 казенных сажени (10,8 м), на шатре маковка и крест. Чертеж башни представлен на рисунке 20.

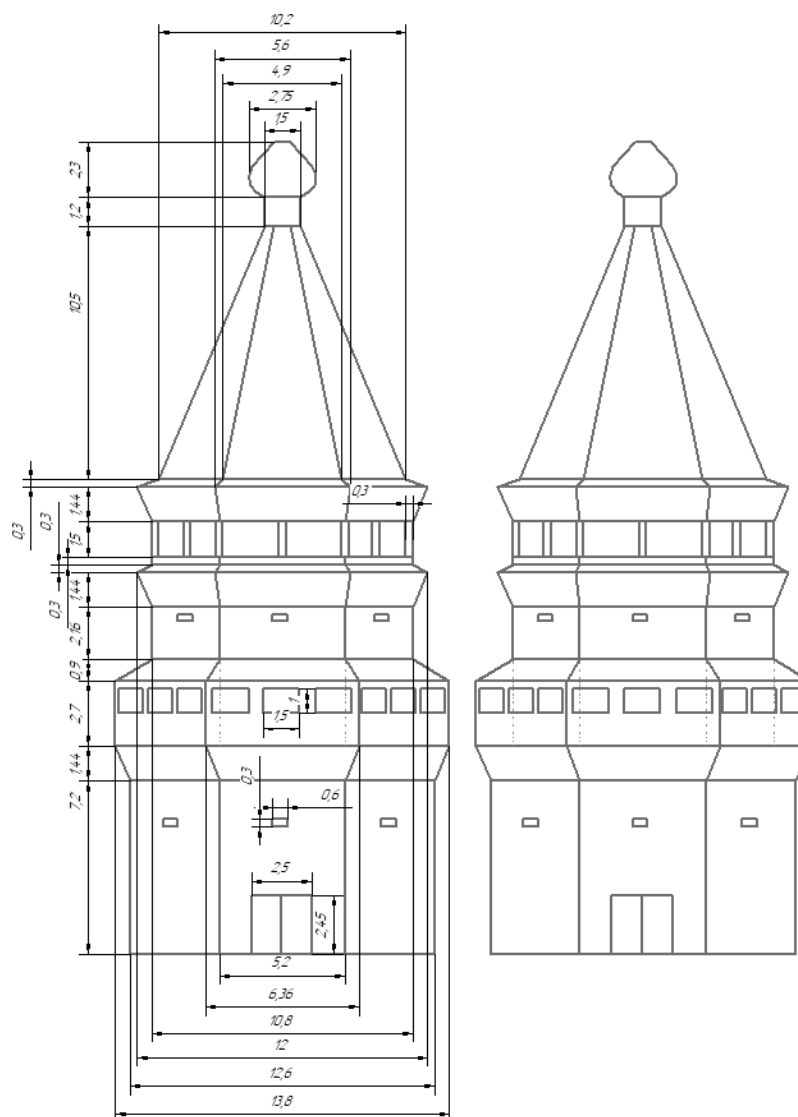


Рисунок 20 – Чертеж южной проездной башни

Церковь имела в основании восьми угольник со сторонами 3 казенные сажени (6,48 м) и 2 сажени и аршин (5 м). По бокам располагались пределы размерами около трех казенных сажений в длину (5,8 м) и двух сажений в ширину (4,32 м). В правый предел входил вышеуказанный переход. Трапезная имела аналогичные размеры, алтарь имел форму трапеции в основании. Так же имела место паперть длинна от края трапезной 4 маховые сажени (7,2 м). Под папертью был подклет высотой 3 маховые сажени (5,4 м). По бокам от него имели место складские помещения. Общая высота здания без маковки 15 сажений (27 м). Чертеж церкви представлен на рисунке 21.

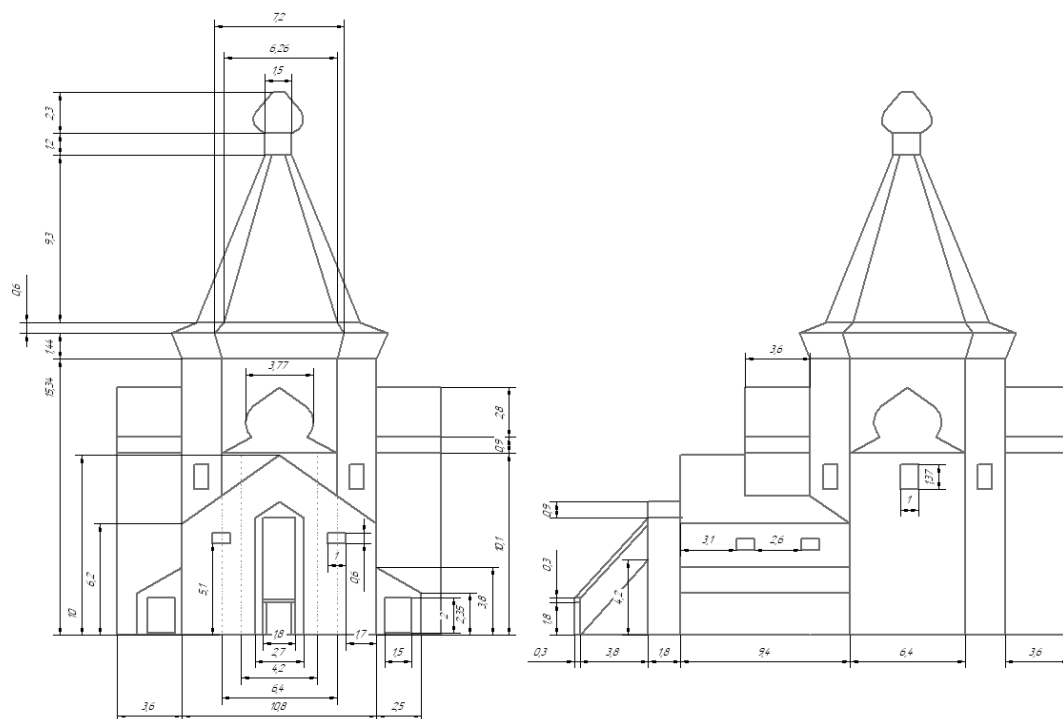


Рисунок 21 – Чертеж церкви

Что касается острожной стены то она имеет высоту 3 маховые сажени (5,4 м), полати имеют ширину 1 маховую сажень (1,8 м). Под полатами имеется плетень (плетеная изгородь из веток) высотой 1 казенная сажень (2,16 м), шириной в аршин (0,72 м). Стена покрыта двухскатной крышей из досок. Так же сказано, что в стенах имелись бойницы как под полатью так и над ней. Согласно росписи, такая конфигурация стен была со всех сторон большого острога, не считая стены обращенной к реке Амур. Стены между постройками имели следующую длину:

- а) Северо-восточная угловая башня – восточная проездная башня: 21,5 казенная сажень (46,4 м);
- б) Восточная проездная башня – юго-восточная угловая башня: 18 казенных сажень (38,9 м);
- в) Юго-восточная угловая башня – Южная проездная башня-колокольня: 15 казенных сажень (32,4 м);
- г) Южная проездная башня – Юго-западная угловая башня: 20 сажень и 1 аршин (43,2 м);

- д) Юго-западная угловая башня – Северо-западная башня: 44 казенные сажени (95,04 м);
- е) Северо-западная башня – Северо-восточная башня: 40 казенных сажений (86,4 м);
- ж) Длина стены между угловыми башнями Черниговского острога: 18 сажений (32,4 м);
- з) Длина южной и северной стен Черниговского острога: 13 сажений (23,4 м).

Стены Черниговского и большого острогов имели различия: у стен Черниговского острога не было плетня, а был второй ряд бревен и бойницы располагались чаще. Чертеж фрагмента стены представлен на рисунке 22. В верхней части рисунка изображен фрагмент стены большого острога, а в низу малого острога. Так же на рисунке 23 представлен чертеж тыновой стены, которая проходила вдоль реки Амур.

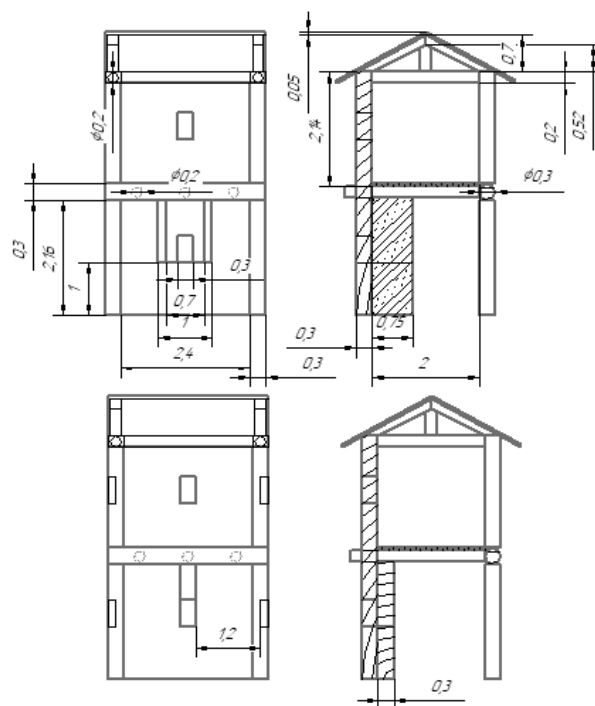


Рисунок 22 – Фрагмент стены большого острога и малого острогов

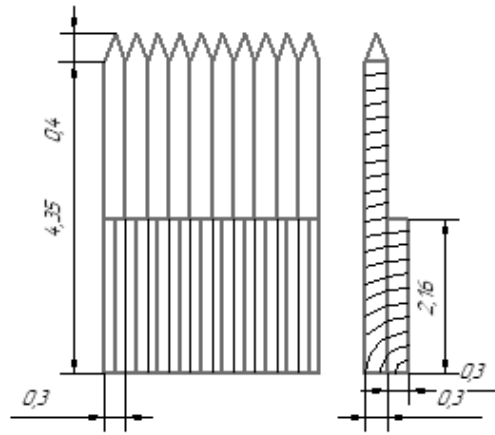


Рисунок 23 – Фрагмент тыновой стены

На основе полученных чертежей были созданы 3D-модели и размещены на карте раскопов (Рис.24). На рисунке 24, а расположены церковь и южная проездная башня, на 24, б северо-восточная угловая башня.

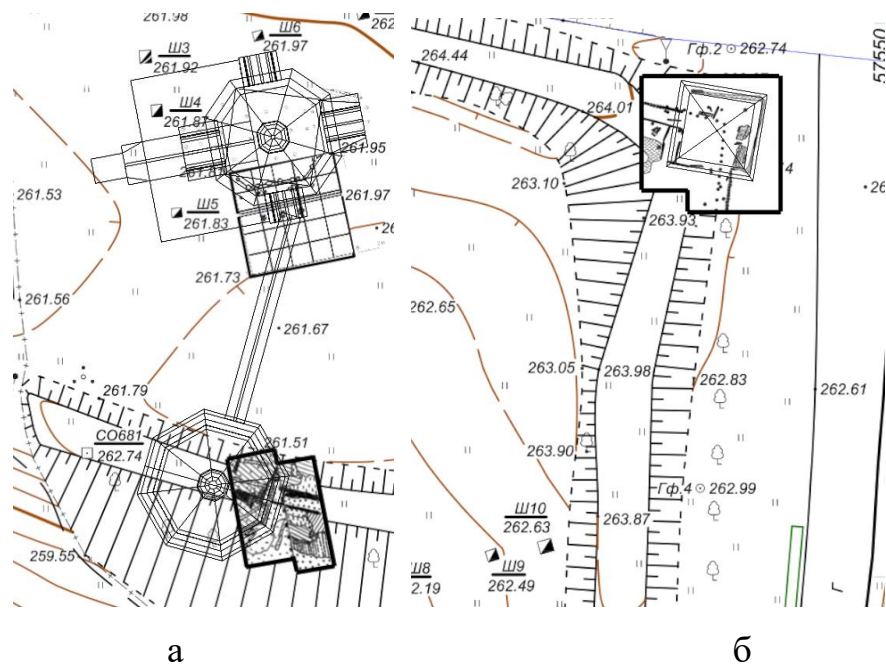


Рисунок 24 – Постройки, нанесенные на карту

Далее для определения размера юго-восточной угловой башни требовалось нанести на карту стены и восточную проездную башню. Длина стены самой башни 4 казенные сажени (8,64 м), высота 4 казенные сажени (8,64 м) вместе с развалом, от развала до орла, расположенного над караульным чердаком,

5 каменных саженей (10,8 м). На аналогах так же имеется «Часовня на свесе». Кровля так же из досок, так же сказано про четыре окна на развале. Чертеж башни представлен на рисунке 25.

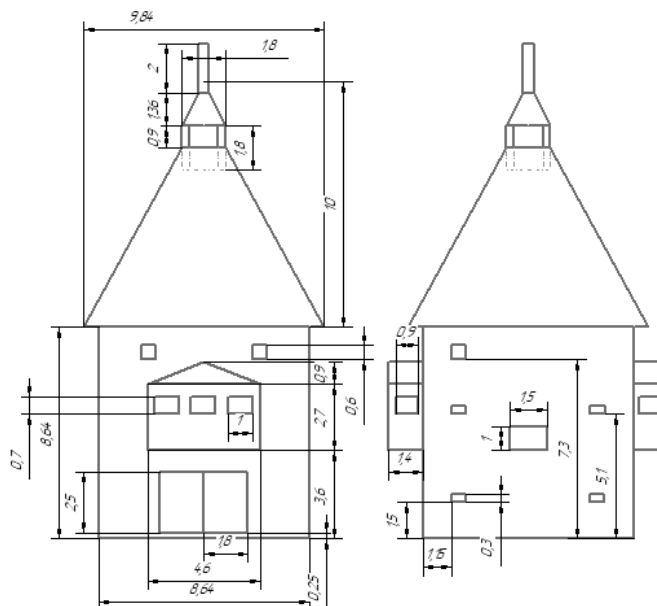


Рисунок 25 – Чертеж восточной проездной башни

Стены, отходящие от южной проездной башни и северной угловой башни, были сориентированы по остаткам стен на раскопах. Восточная проездная башня была сориентирована таким образом, чтобы стены входили в центры сторон башни под прямым углом. Результат представлен на рисунке 26.

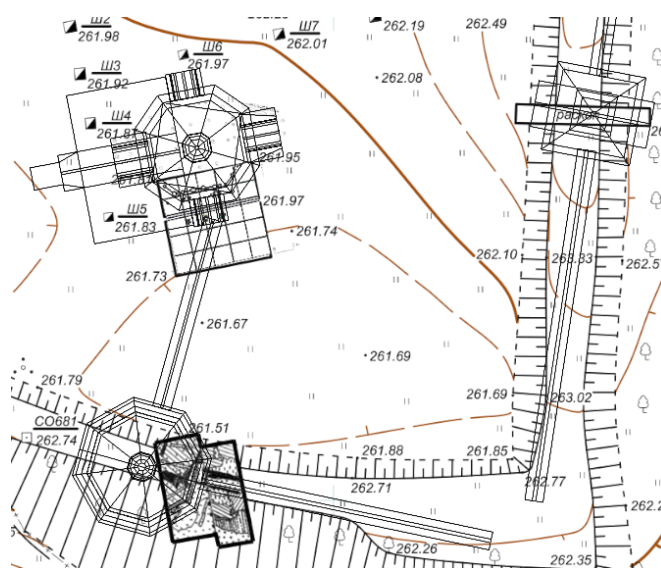


Рисунок 26 – Карта с нанесенными постройками

Если предположить, что стены входили в центры сторон башни то ее размеры приблизительно равны 7 метрам что равно 4 маховым саженим. Так же если предположить, что высота до облама равна 3 маховые сажени, так же облам 2 аршина (1,44 м) а угол ската крыши равен 45° , то можно получить следующее представление объекта (Рис. 27), а также его положение на карте (Рис. 28).

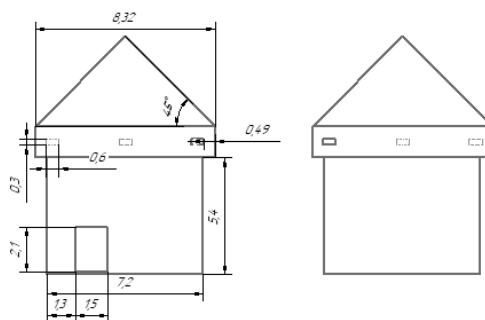


Рисунок 27 – Чертеж юго-восточной угловой башни

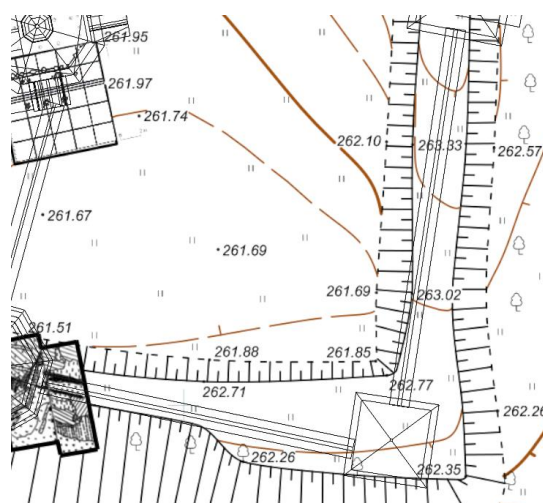


Рисунок 28 – Размещение юго-восточной угловой башни

Далее была отложена стена от южной проезжей башни параллельно другой примыкающей стене. Размеры юго-западной башни предположительно аналогичны размерам северо-восточной, за исключением отсутствия второго этажа (он начинался на развале) и как следствие выхода на полати. Чертеж башни представлен на рисунке 29, обновленный фрагмент карты на рисунке 30.

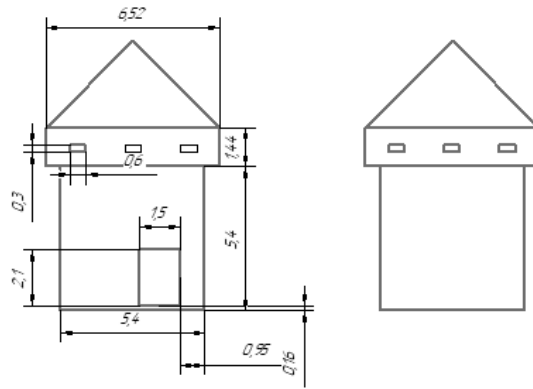


Рисунок 29 – Чертеж юго-западной угловой башни

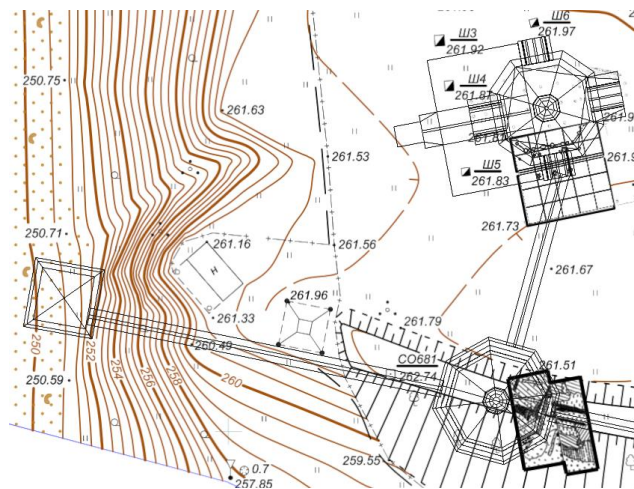


Рисунок 30 – Размещение юго-западной угловой башни

Размеры основания северо-западной угловой башни получим так же, как и юго-западной. После нанесения стен получаем следующее представление (Рис. 31).

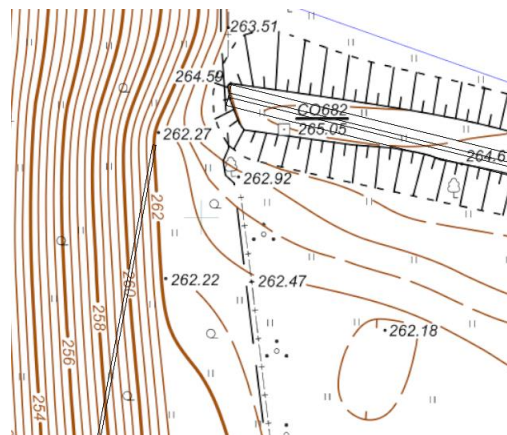


Рисунок 31 – Карта после нанесения стен

Размеры башни приблизительно равны 7 метрам что равно 4 маховым саженим. Так же если предположить, что высота до кровли равна 3 маховые сажени, учитывая, что башня предположительно относилась к воеводскому двору то в качестве кровли имела место «бочка», то можно получить следующее представление объекта (Рис. 31), а также его положение на карте (Рис. 32).

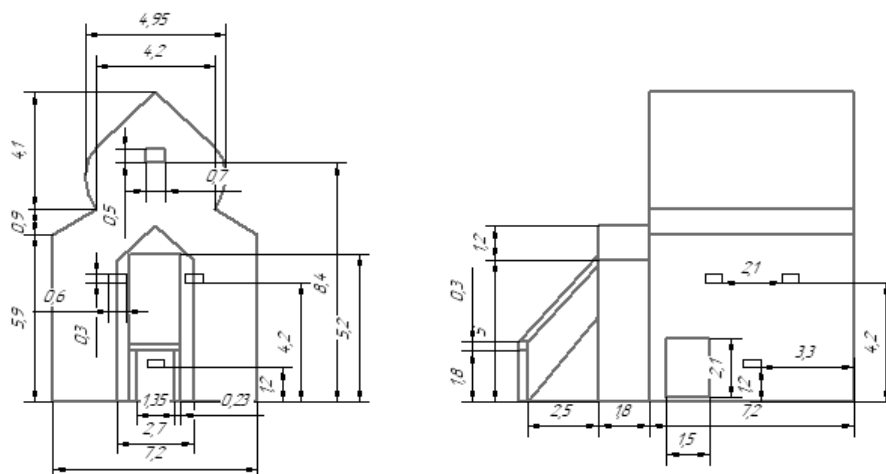


Рисунок 31 – Чертеж северо-западной угловой башни

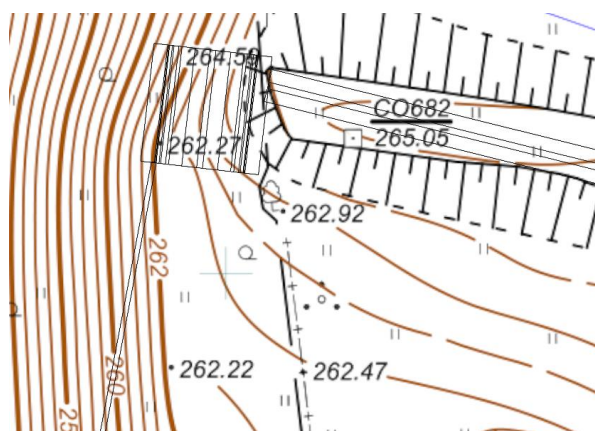


Рисунок 32 – Размещение северо-западной угловой башни

Что касается малого Черниговского острога, из росписи сказано, что в стене, обращенной к реке Амур стоят две его башни. Из описания известно, что они имеют одинаковые размеры: Высота 3 сажени (5,4 м) и покрыты тесом. В башнях так же имеются бойницы и избы, что намекает на наличие двух этажей. Чертеж башен представлен на рисунке 33. Чертеж проездной башни чернигов-

ского острога основан на исторических аналогах. Чертеж представлен на рисунке 34.

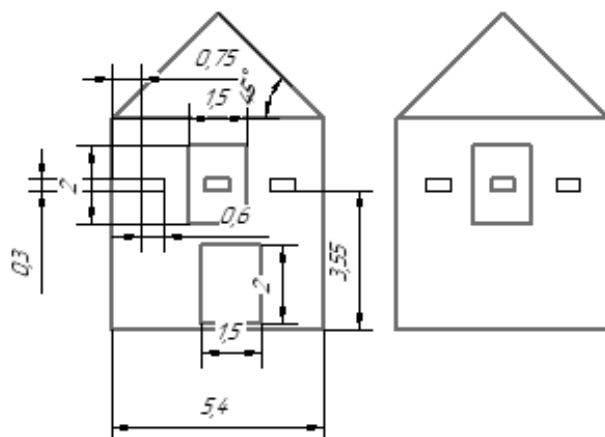


Рисунок 33 – Чертеж башен Черниговского острога

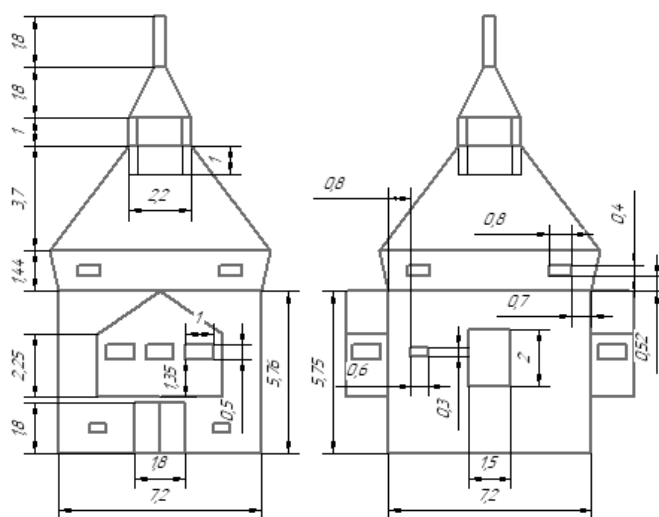


Рисунок 34 – Чертеж проездной башни Черниговского острога

Черниговский острог был расположен в середине стены обращенной к реке Амур.

2.3.2 Общее устройство административных комплексов

В остроге имели место четыре области:

- а) область торговли;
- б) область таможни;
- в) область приказной избы;

г) область воеводского двора.

Согласно рисунку «люоша» торговая область находилась в иго-западной части острога. В области торговли предположительно было около пяти торговых лавок и двух торговых амбаров, а также одна караульная изба, охранявшая въезд через южную проездную башню. Торговая область имела вил улицы, начинающейся торговой площадью где так же располагался вход в церковь. Чертежи выше перечисленных построек представлены на рисунках 35-37. План на карте изображен на рисунке 38.

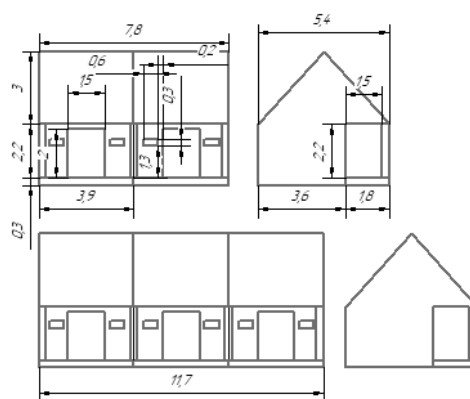


Рисунок 35 – Чертеж торговых лавок (двух и трехсекционная)

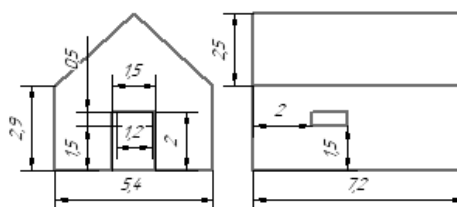


Рисунок 36 – Чертеж амбара

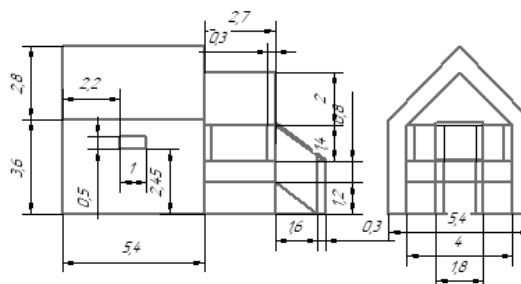


Рисунок 37 – Чертеж караульной избы

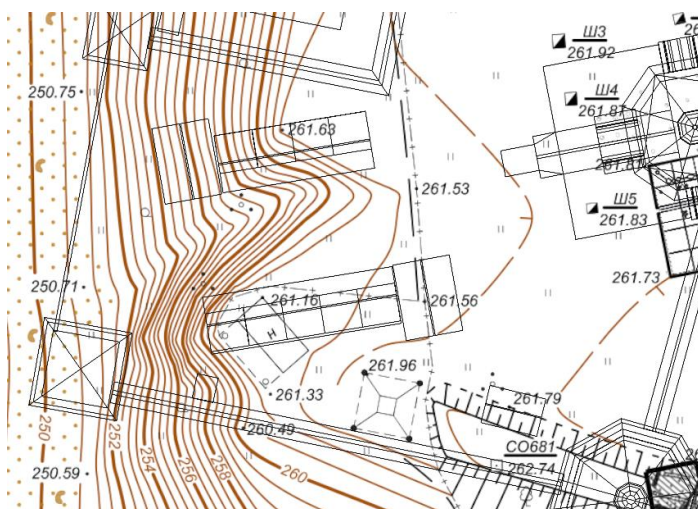


Рисунок 38 – Фрагмент карты с размещенными постройками

В области таможни предположительно было два амбара (Рис. 39), изба таможенного служащего (Рис. 40) и колодец (Рис. 41), найденный в раскопе. Карта представлена на рисунке 42.

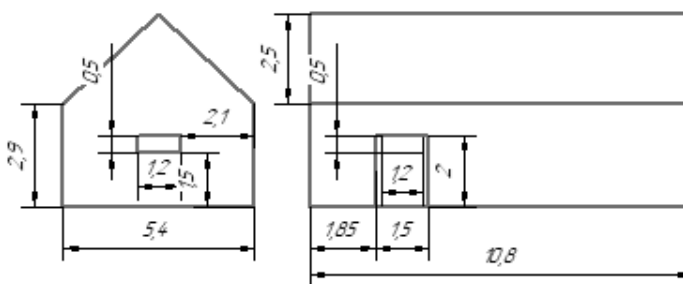


Рисунок 39 – Чертеж амбара

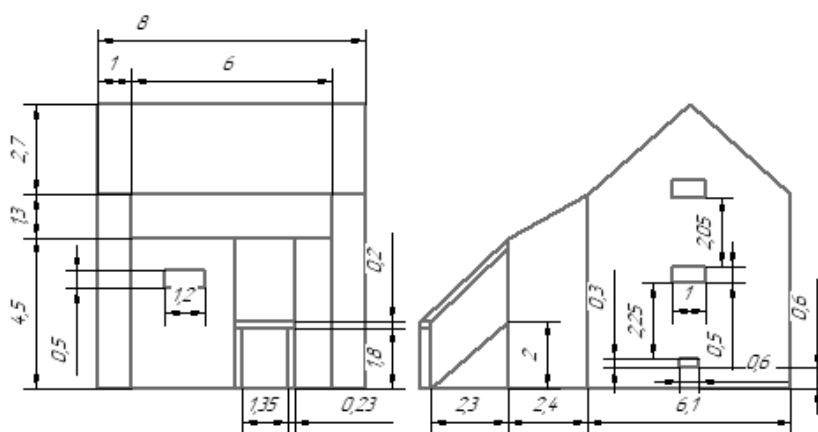


Рисунок 40 – Чертеж таможенной избы

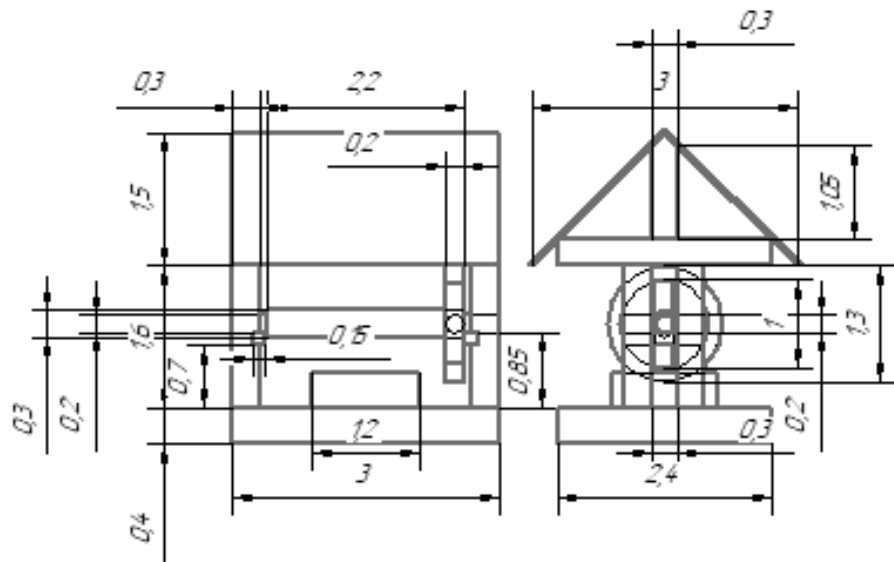


Рисунок 41 – Чертеж колодца

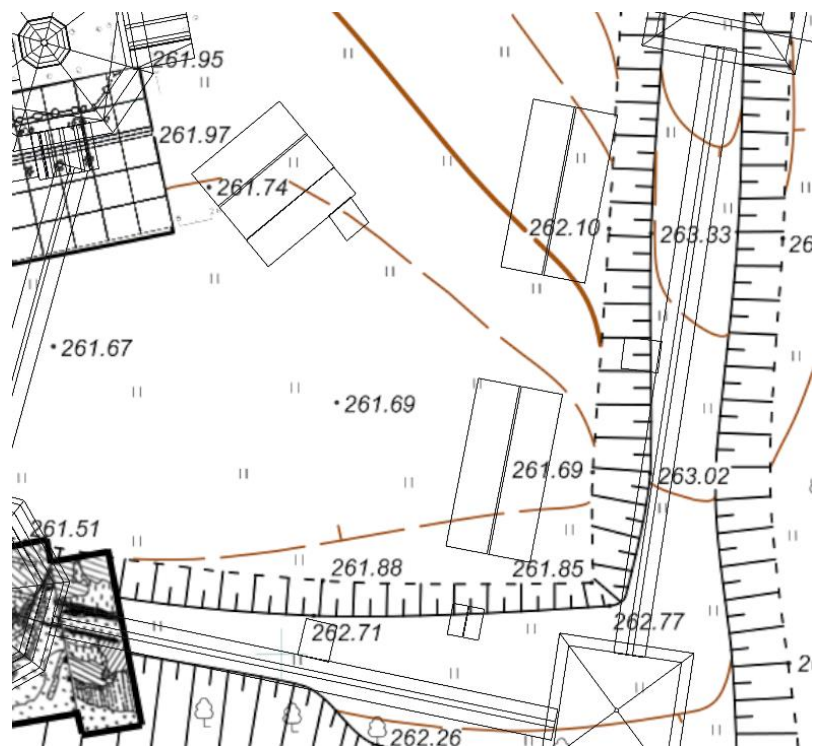


Рисунок 42 – Фрагмент карты

В комплексе приказной избы (Рис. 44) предположительно было два амбара (Рис. 36), погреб (Рис. 45), по периметру навес (Рис. 43) для плугов и других инструментов. Так же из-за нахождения вблизи проездной башни рядом располагалась караульная изба (Рис. 37). Карта представлена на рисунке 45.

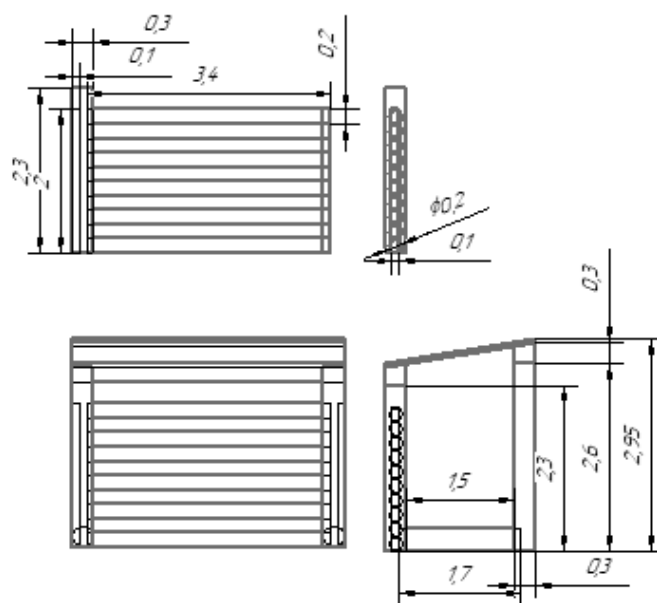


Рисунок 43 – Фрагменты навеса и стены

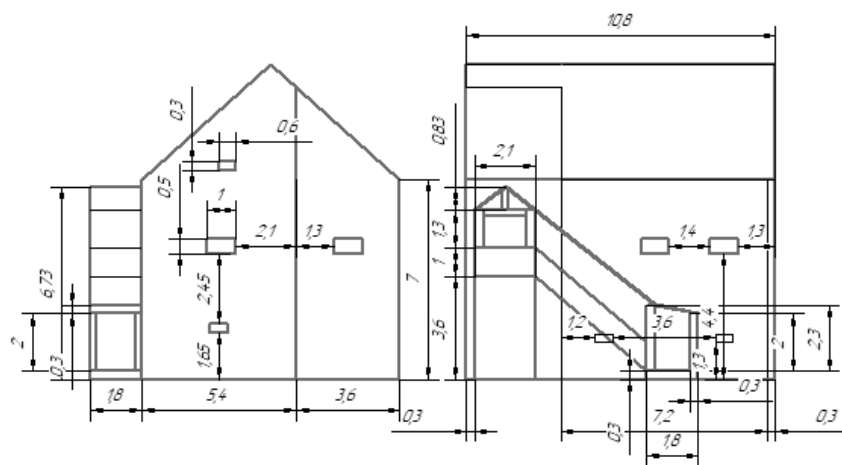


Рисунок 44 – Приказная изба

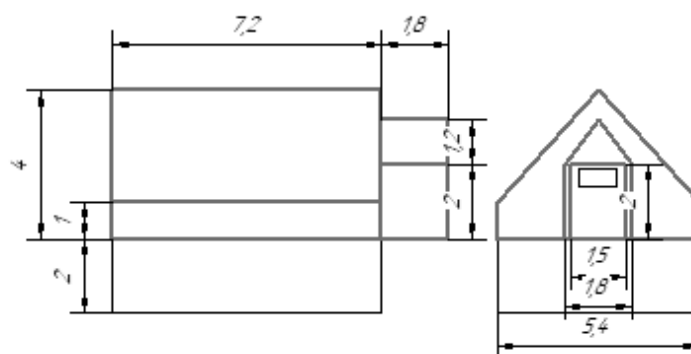


Рисунок 45 – Пороховой погреб

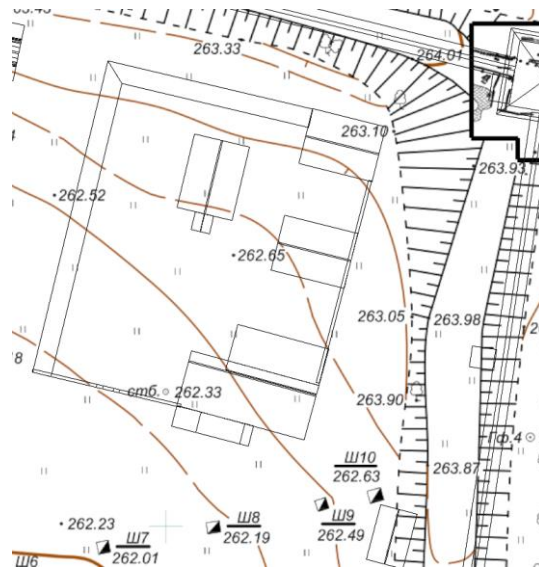


Рисунок 46 – Фрагмент карты

В воеводском дворе помимо усадьбы (Рис. 47) был амбар (Рис. 36) кухня (Рис. 48, а) и баня (Рис. 48, б). Карта представлена на рисунке 49.

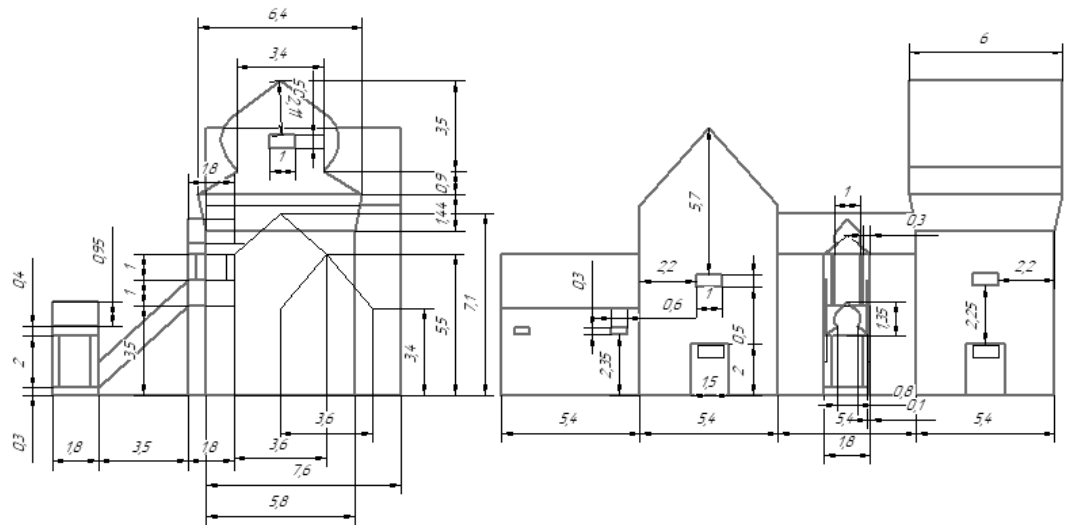
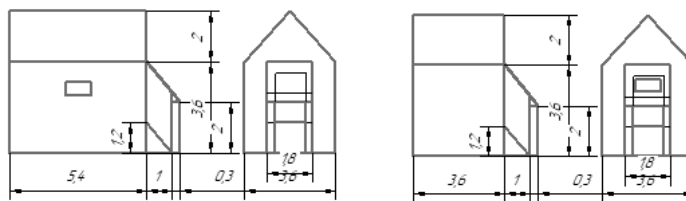


Рисунок 47 – Воеводская усадьба



а

б

Рисунок 48 – Кухня и баня

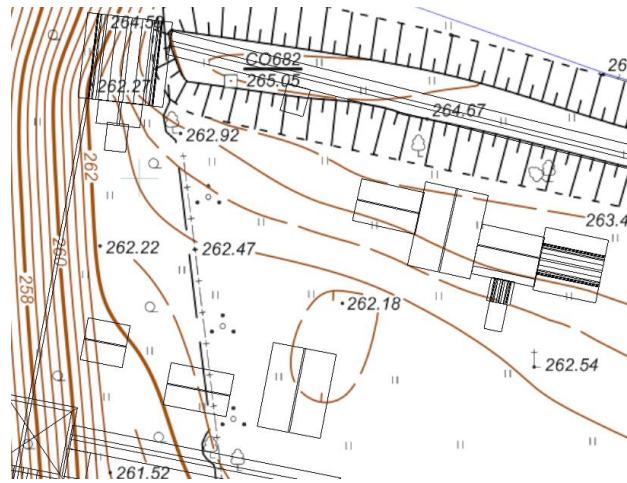


Рисунок 49 – Воеводский двор на карте

Полная карта Албазинского острога представлена в приложении Б. Данная репликация достаточно достоверно представляет все найденные текстовые данные и рисунок осады.

3 ДЕТАЛИЗИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И 3D-ПЕЧАТЬ МАКЕТА

3.1 Трехмерное моделирование отдельных сооружений

3.1.1 Методика разработки детализированных моделей

Макет созданный в предыдущей главе имеет схематичный вид и требует последующей детализации. Детализация делится на следующие этапы:

- а) выделение базовых элементов;
- б) создание общей модели сооружения;
- в) дополнение уникальными элементами.

Первый этап заключается в анализе элементов используемых при построении объектов. 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 [44]. Так же следует учитывать возможности оборудования для трехмерной печати. Модели можно создать в любом масштабе, однако существует общепринятый ряд масштабов: 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, ... 1:24, 1:32, 1:35, 1:43, 1:45, 1:48, 1:64, 1:72 и т.д., самыми распространенными среди них являются 1:16, 1:32, 1:72. Соответствие этому ряду даст преимущество в виде возможности дополнения макета различными готовыми элементами как: деревья, кустарники, животные, модели жителей и др. Использование данных элементов придаст наглядности при оценке масштабов сооружений зрителем [45]. Чем меньше масштаб, тем сложнее передать детали, поэтому после выбора следует оценить размеры на макете. При выборе одного из самых распространенных масштабов 1:72 самый малый размер 0,05 метров укладывается в 0,7 миллиметра реальных. Разрешающая способность принтера ограничена 0,4 миллиметра, что говорит о том, что 3D-принтер сможет воспроизвести такие детали. Самый большой размер это длинна западной стены вместе с башнями, составляет порядка 110 метров, в масштабе на макете это 1,52 метра.

Основным элементом построения были бревна, из них делали срубы (стены сооружения), каркасы под кровлю, стены и многое другое [46]. Диаметр

бревен из которых делали срубы могли быть от 0,18 до 0,4 метров в диаметре. Нижние «венцы» (венец – один ряд бревен в срубе) были толще для придания устойчивости конструкции. Бревна в срубе укладывались «в чашу» с выступающими концами или «в лапу» без выступа, так же были другие соединения. Для упрощения работы по созданию макета были выбраны следующие унифицированные диаметры бревен 0,4 м, 0,3 м, 0,2 м. Так же для сборки и размещения на подмакетнике необходимо ввести половинки бревен «пластины» и усеченные бревна. Чертежи данных элементов представлены на рисунке 50.

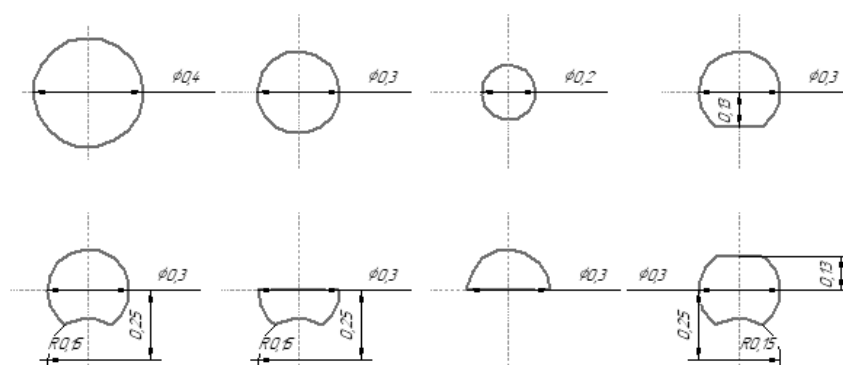


Рисунок 50 – Чертежи бревен

На рисунке 51 представлены трехмерные модели, созданные в программном обеспечении Blender по вышеуказанным чертежам.

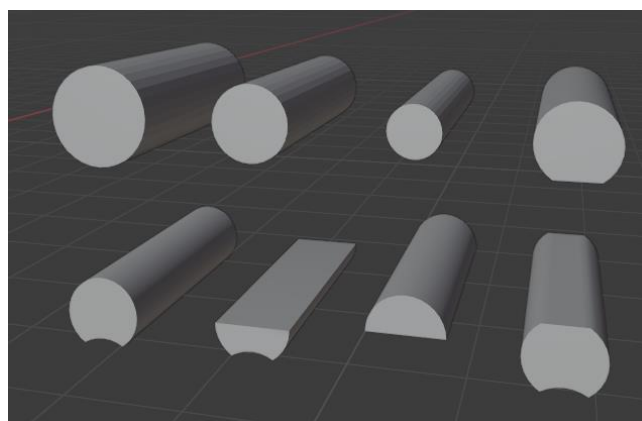


Рисунок 51 – Модели бревен

Следующим элементом являются доски или «тес». Используются они как настил, для создания ворот, дверей, кровли, перил, обрамления окон и дверей и

т.д. В следствии выбранного масштаба элементы тоньше 0,05 м брать нельзя, то есть доски ограничены данной толщиной. В тех местах, где доски должны плотно прилегать друг к другу (например, настил) необходимо сделать усечение краев для наглядности. Основная ширина досок была выбрана 0,2 и 0,3 м. Чертежи данных элементов представлены на рисунке 52.

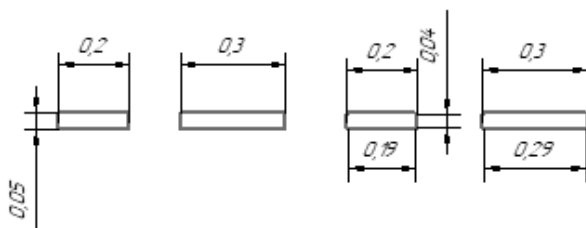


Рисунок 52 – Чертежи досок

На рисунке 53 представлены трехмерные модели, созданные в программном обеспечении Blender по вышеуказанным чертежам.

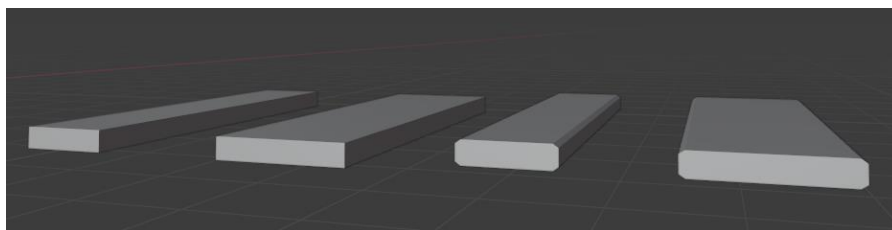


Рисунок 53 – Модели досок

Так же одним из базовых элементов был брус. Он представлял собой бревна, отесанные на 4 «канта». В сечении представлял собой прямоугольник или квадрат. Основные размеры: 0,3 x 0,3 м, 0,2 x 0,2 м, 0,1 x 0,3 м, 0,15 x 0,3 м, и т.д. Аналогично доскам для декорации были сделаны усечения (Рис.54).

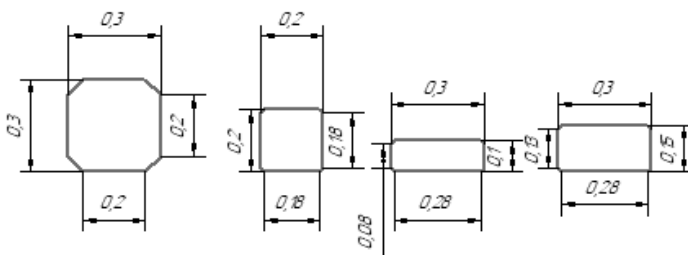


Рисунок 54 – Чертежи брусев

На рисунке 55 представлены трехмерные модели, созданные в программном обеспечении Blender по вышеуказанным чертежам.

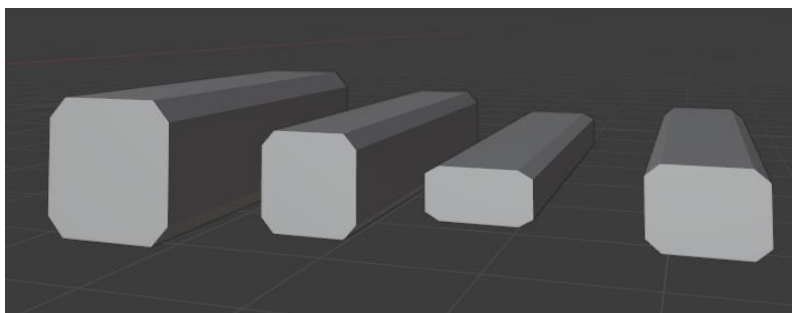


Рисунок 55 – Модели брусьев

Из данного базового набора осуществляется создание деталей и сборка для каждой модели. В некоторых случаях выгодно объединить набор базовых объектов для последующего моделирования, например, стандартный блок для кровли, составленный на основе досок 0,05 x 0,2 м без усечки (Рис. 56), дверь с проемом (дверь: доска 0,05 x 0,3 м 4 шт.; обналичник: брус 0,2 x 0,2 м 3 шт.) (Рис. 57). Данные блоки можно либо без изменений, либо с незначительными доработками использовать во всем макете.

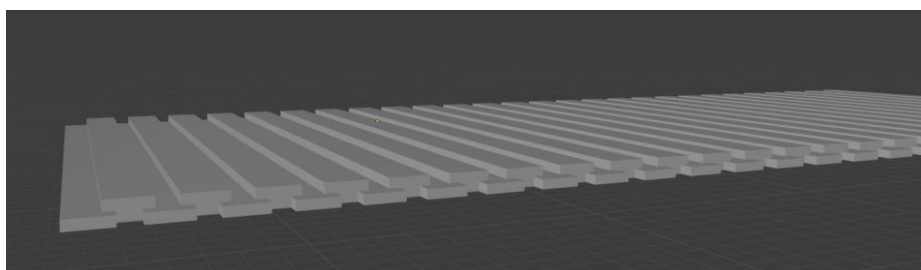


Рисунок 56 – Модель фрагмента кровли

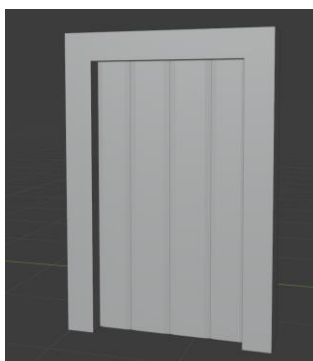


Рисунок 57 – Модель дверного проема

На втором этапе 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);
- з) Создание ребра/границы (заполнение двух вершин отрезком, трех и более вершин гранью);
- и) Соединение кольца ребер (соединение двух замкнутых контуров гранями) и др.

В редких случаях так же возможно использование инструмента логических операций (вычитание, пересечение, объединение), но данный инструмент работает в Blender непредсказуемо. Так же для сложных геометрически объектов можно использовать трехмерный скульптинг. Пример обработанных моделей (в столбе с помощью четырех сечений удалены фрагменты, у доски из настила с помощью сечения изменен угол торца) представлен на рисунке 58.

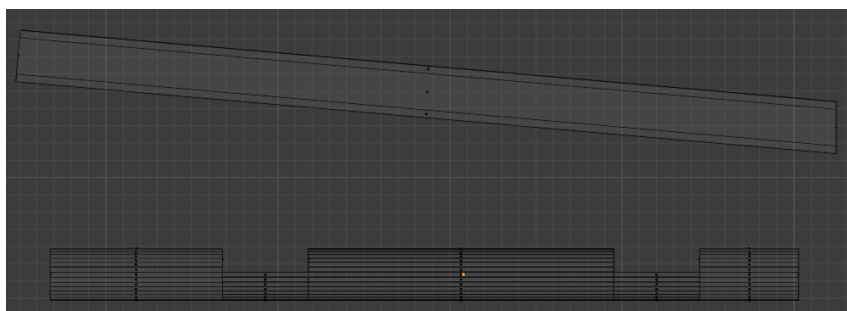


Рисунок 58 – Модель столба и доски из настила

Последним этапом является создание уникальных объектов, используемых 1 или несколько раз, которые нельзя составить из базовых моделей,

например, «орел, оббитый белым железом» (сделан с помощью трехмерного скульптинга с применением симметрии), крест (экструдирование, перемещение), окна (экструдирование, перемещение, создание граней) (Рис. 59).

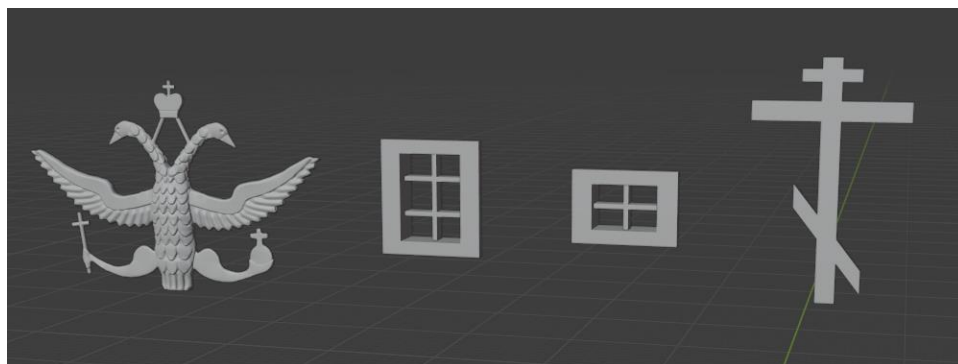


Рисунок 59 – Модели орла, окон, креста

Моделирование является трудоемкой задачей, затрачиваемое время может колебаться от 2 до 50 часов, в зависимости от размеров и сложности сооружений.

3.1.2 Детализированные трехмерные модели сооружений

Основываясь на алгоритме предыдущей главы было создано 33 детализированные постройки и около 480 метров стен. Результаты проделанной работы представлены в следующем списке:

- 1) Северо-восточная угловая башня, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 60) [47].

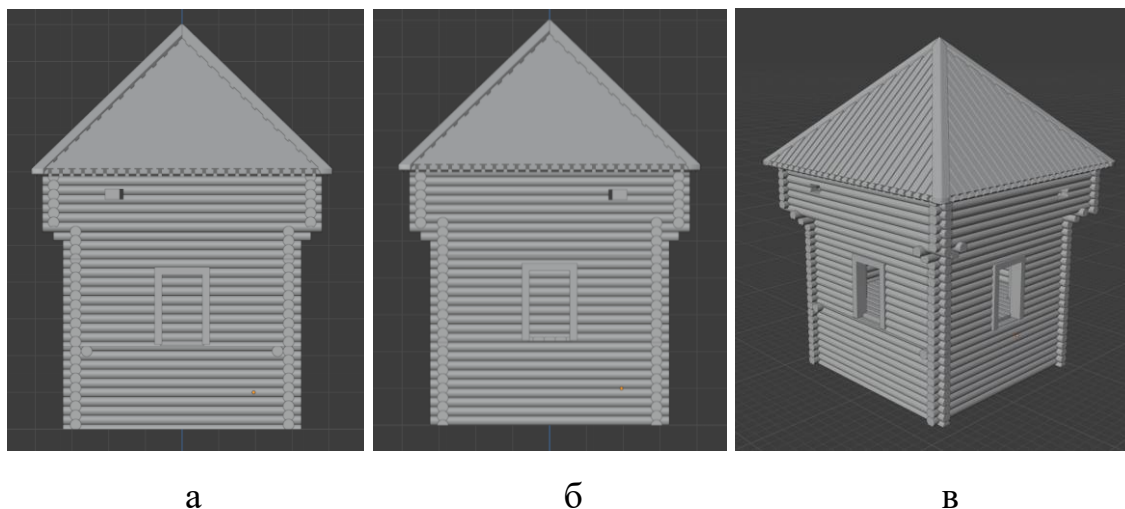


Рисунок 60 – Северо-восточная угловая башня

- 2) Восточная проездная башня, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 61) [48].

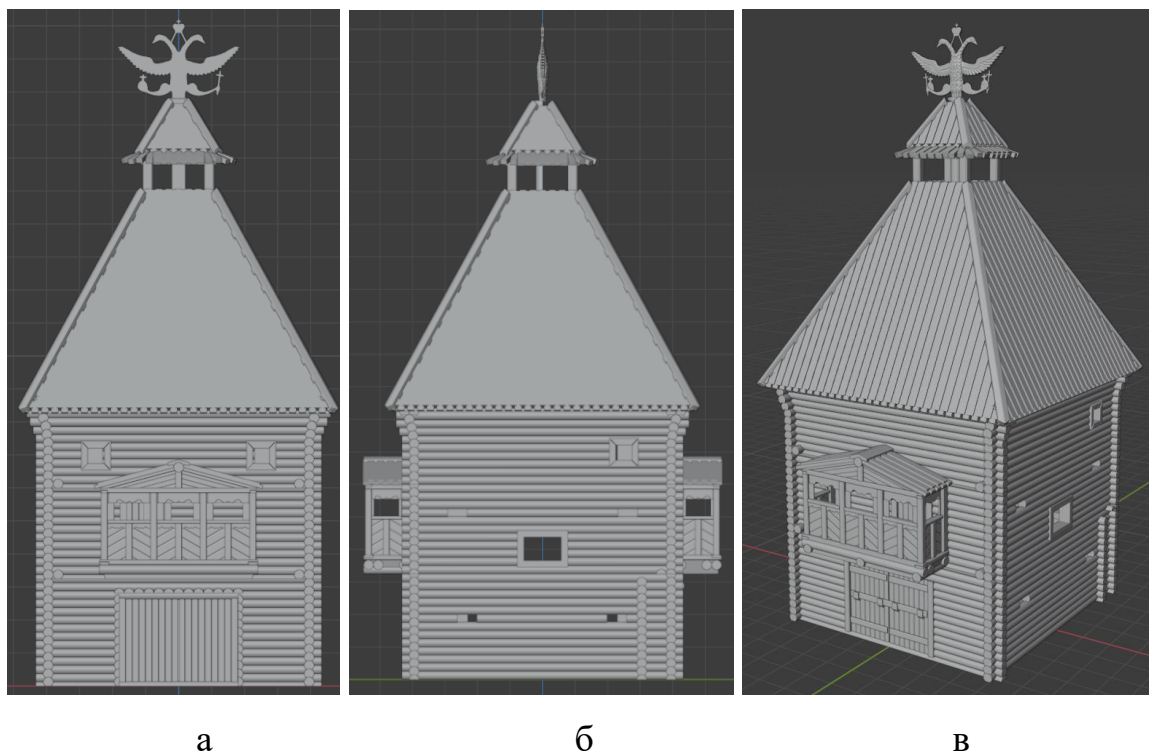


Рисунок 61 – Восточная проездная башня

- 3) Юго-восточная угловая башня, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 62)[49].

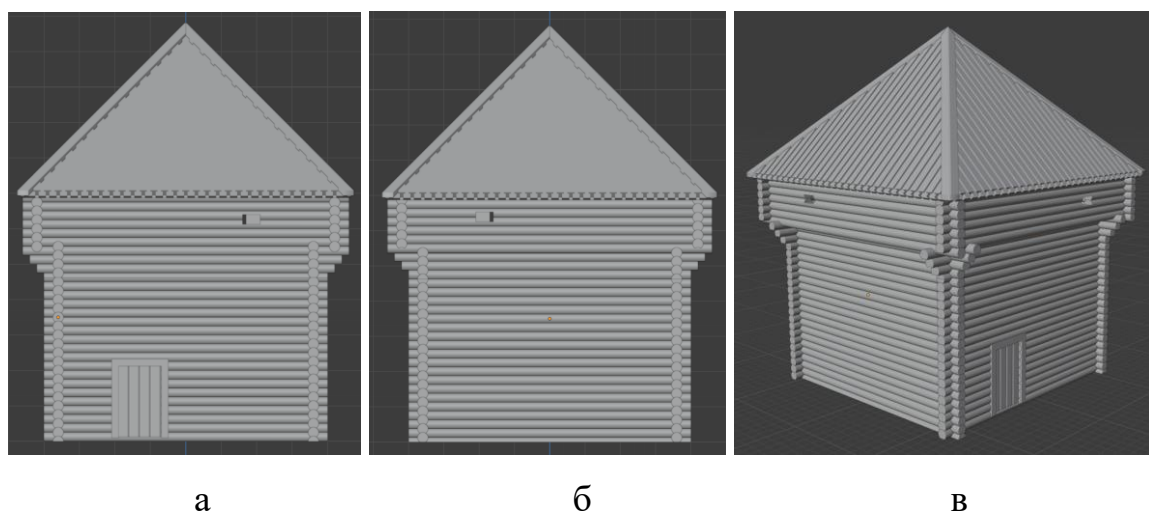
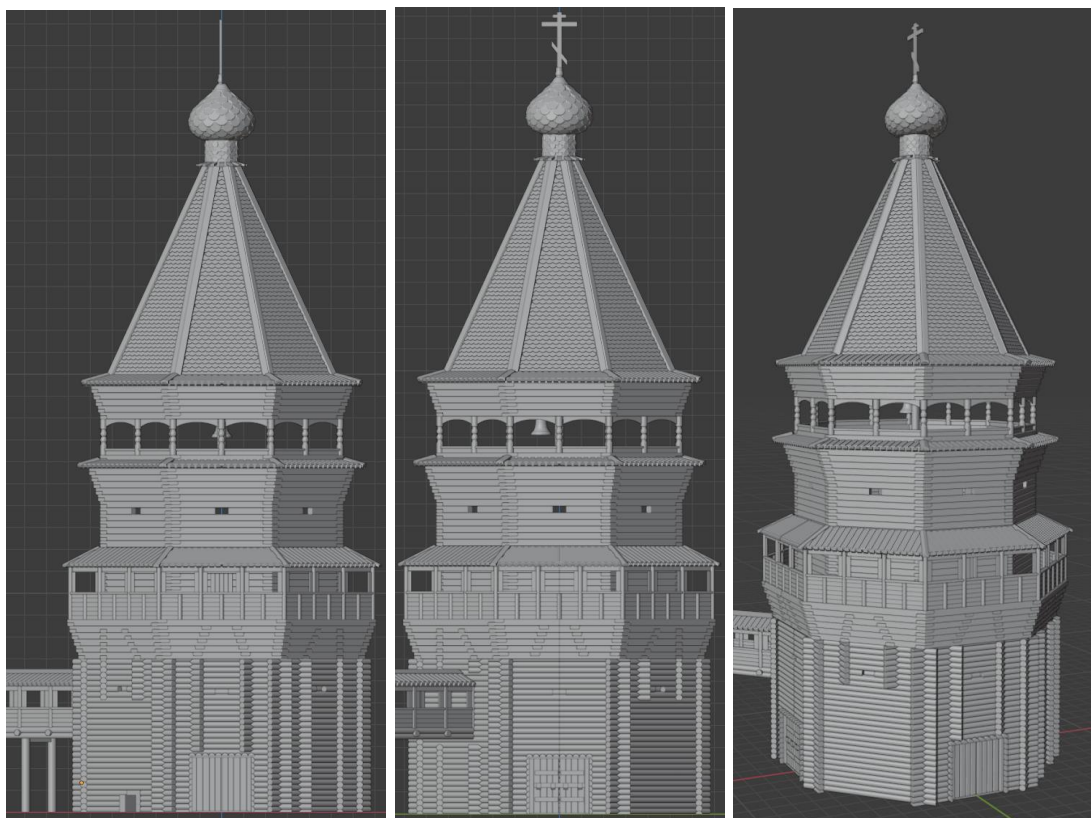


Рисунок 62 – Юго-восточная угловая башня

- 4) Южная проездная башня-колокольня (с фрагментом перехода), 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 63) [50][51].



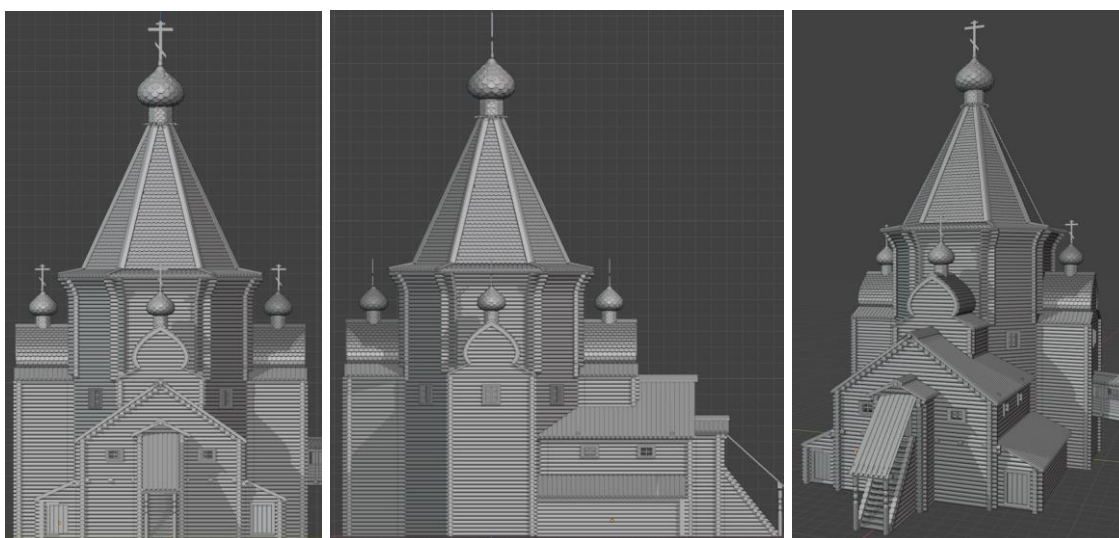
а

б

в

Рисунок 63 – Южная проездная башня-колокольня

5) Воскресенская церковь (с фрагментом перехода), 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 64) [52][53].



а

б

в

Рисунок 64 – Воскресенская церковь

- 6) Юго-западная угловая башня, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 65) [54].

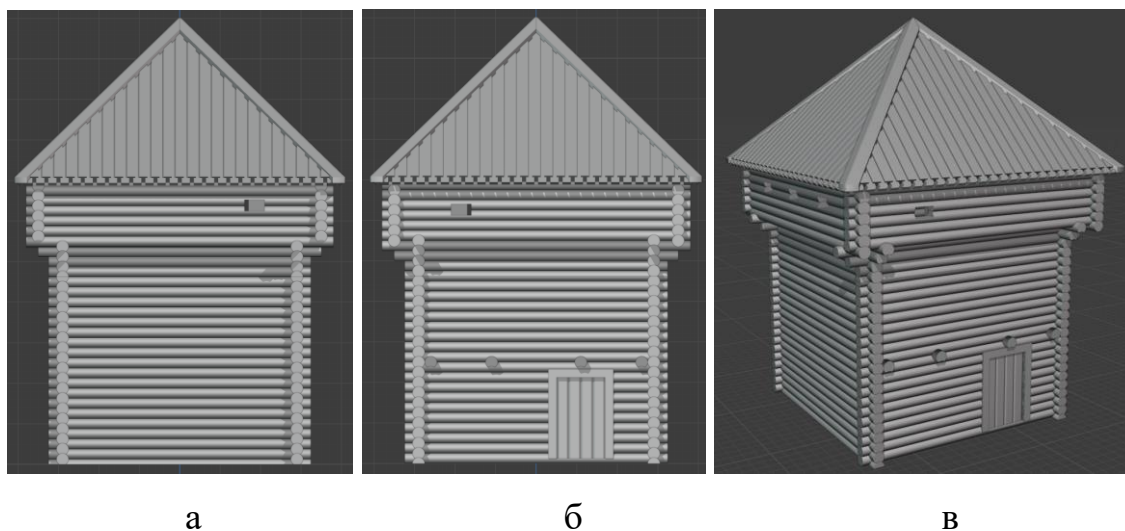


Рисунок 65 – Юго-западная угловая башня

- 7) Наугольная башня Черниговского острога, 2 экземпляра (второй является зеркальной копией) (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 66) [55].

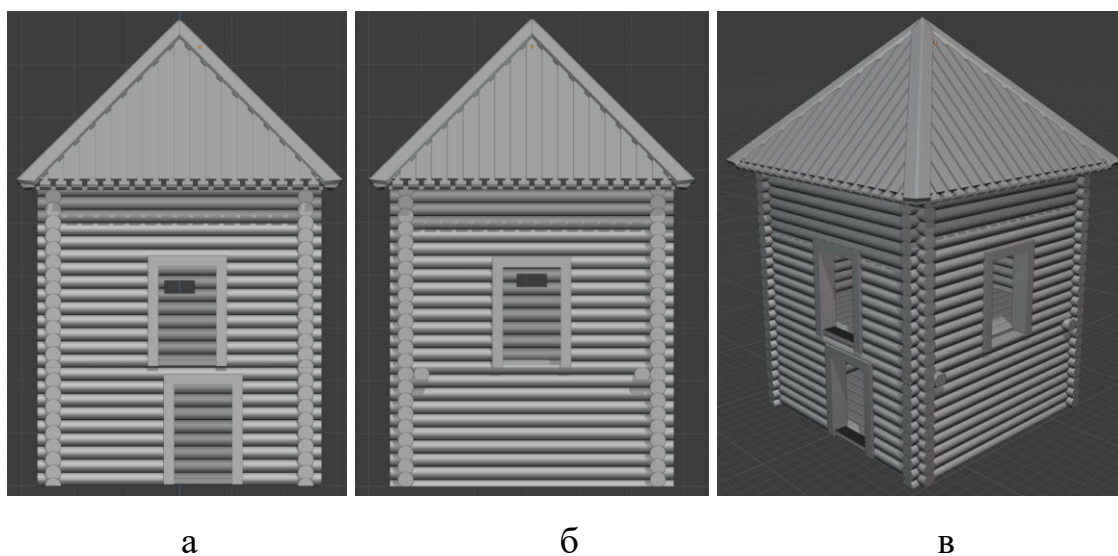
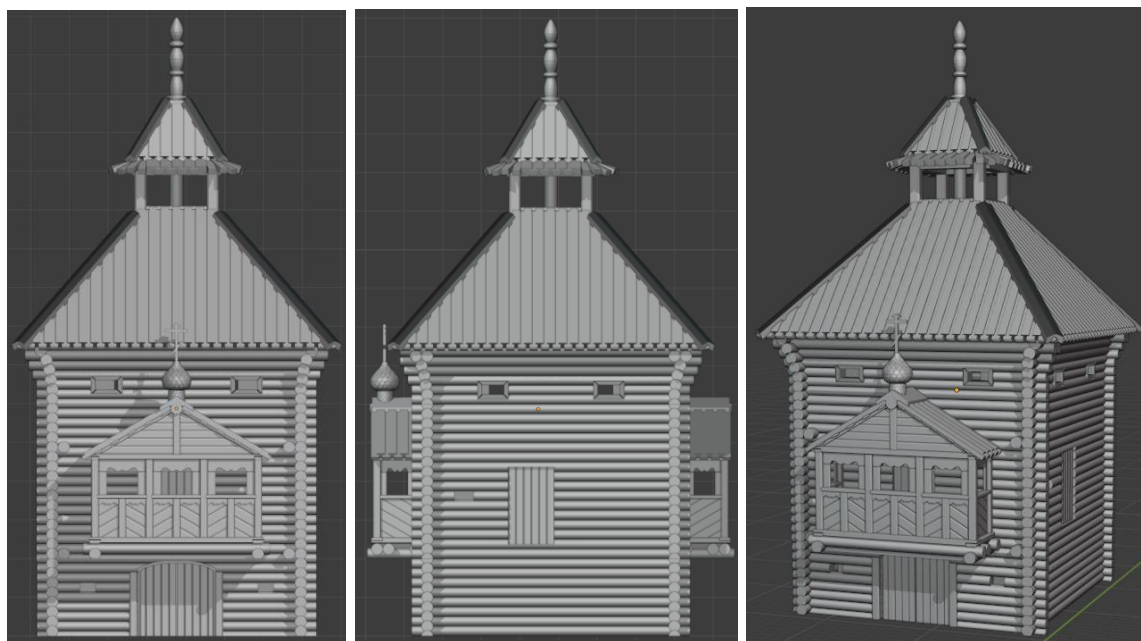


Рисунок 66 – Наугольная башня Черниговского острога

- 8) Проездная башня Черниговского острога, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 67)[56].



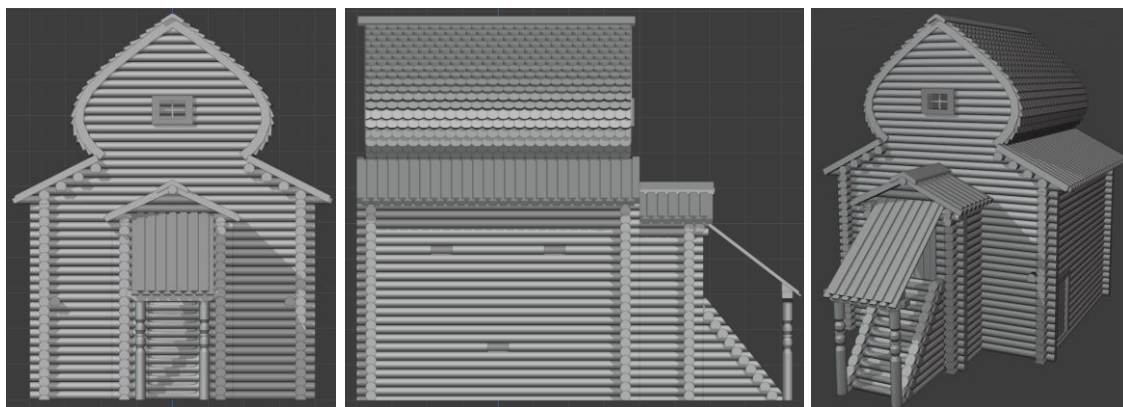
а

б

в

Рисунок 67 – Восточная проездная башня

9) Северо-западная угловая башня, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 68)[57].



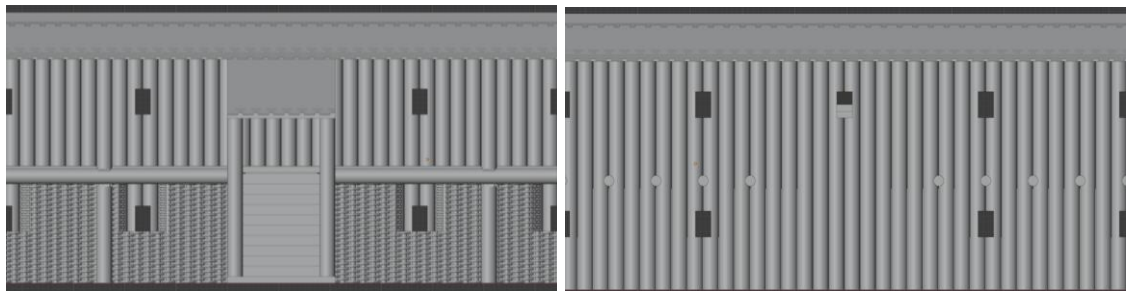
а

б

в

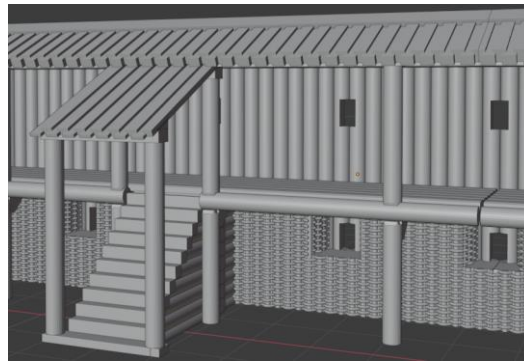
Рисунок 68 – Северо-западная угловая башня

10) Фрагмент стены большого острога, с лестницей (вид спереди (а), сзади (б), перспектива (в)) (Рис. 69).



а

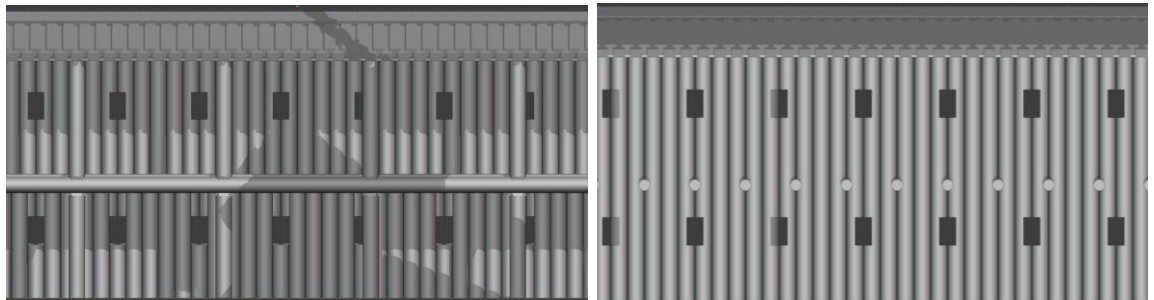
б



в

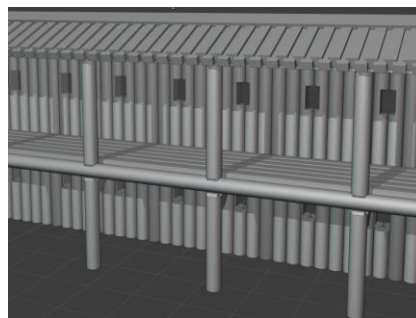
Рисунок 69 – Фрагмент стены

11) Фрагмент стены малого острога (вид спереди (а), сзади (б), перспектива (в)) (Рис. 70).



а

б



в

Рисунок 70 – Фрагмент стены

- 12) Фрагмент тыновой стены большого острога (вид спереди (а), сзади (б), перспектива (в)) (Рис. 71).

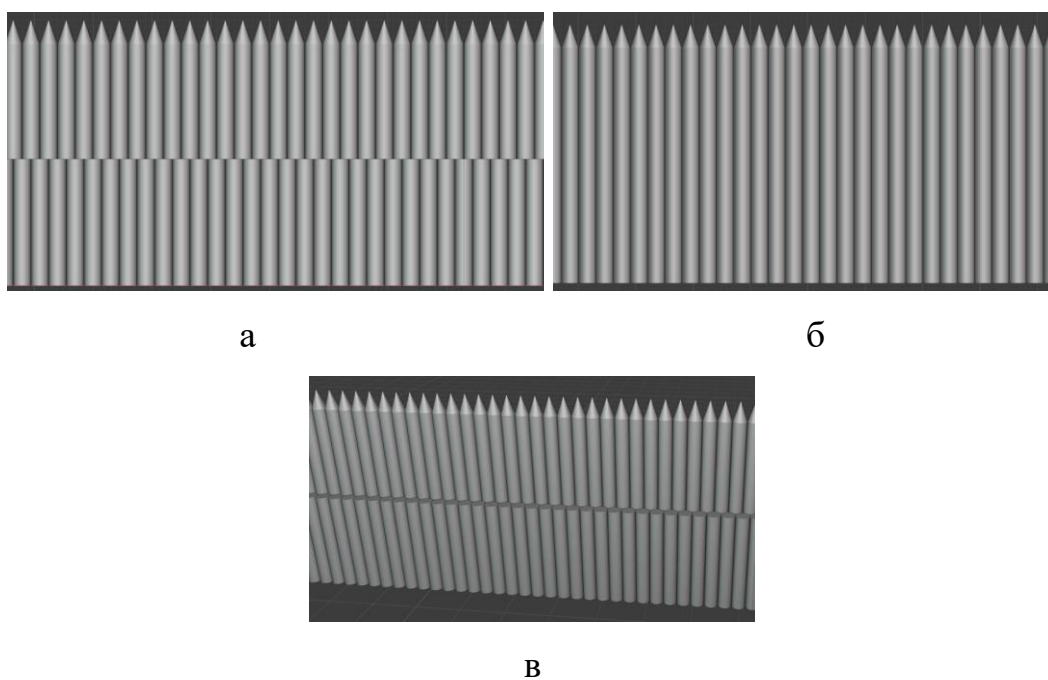


Рисунок 71 – Фрагмент стены

- 13) Малый амбар, 5 экземпляров (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 72).

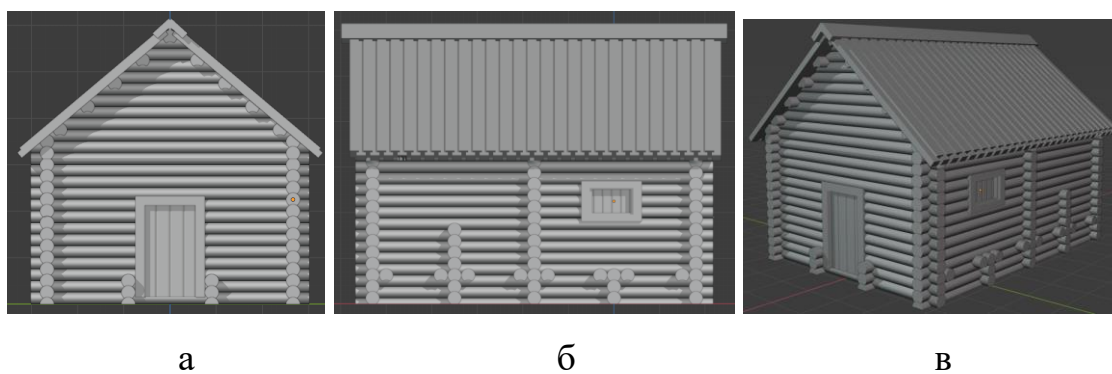
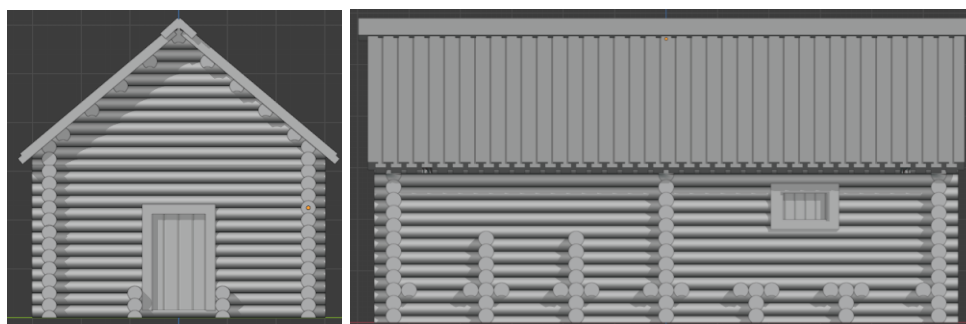


Рисунок 72 – Малый амбар

- 14) Большой амбар, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 73).



а

б



в

Рисунок 73 – Большой амбар

15) Большой амбар с боковым входом, 2 экземпляра (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 74).



а

б



в

Рисунок 74 – Большой амбар с боковым входом

- 16) Торговая лавка 2 секции, 3 экземпляра (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 75).

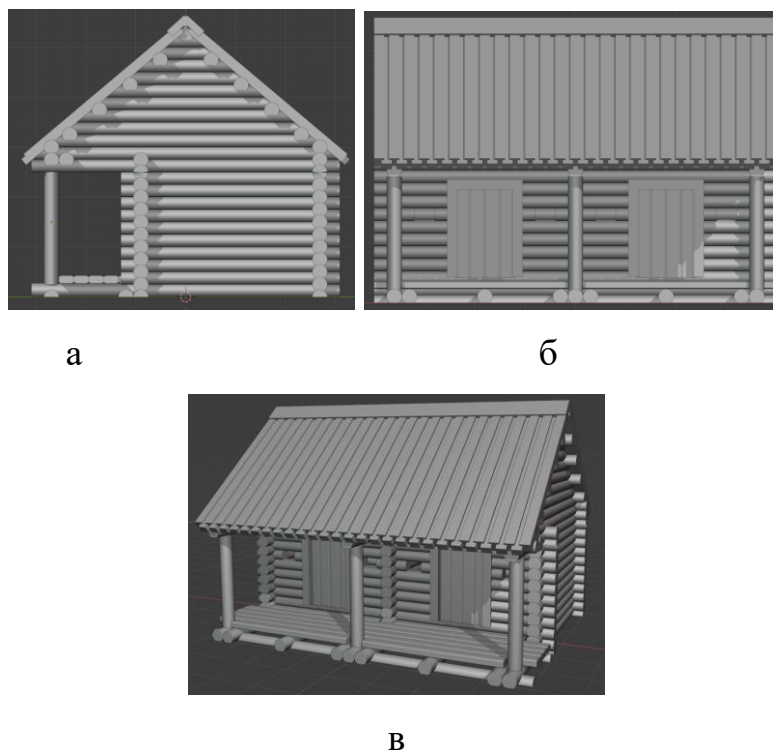


Рисунок 75 – Торговая лавка 2 секции

- 17) Торговая лавка 3 секции, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 76).

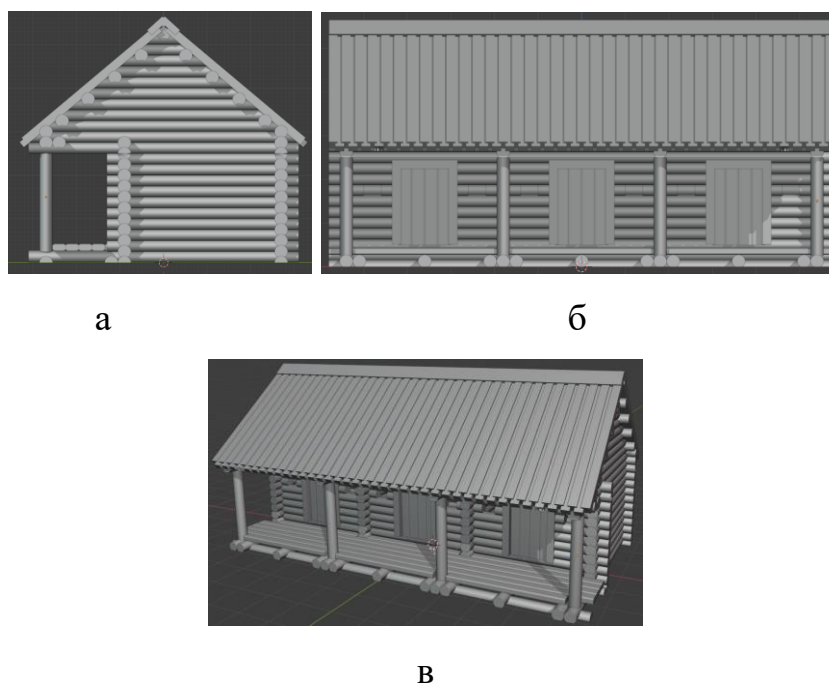


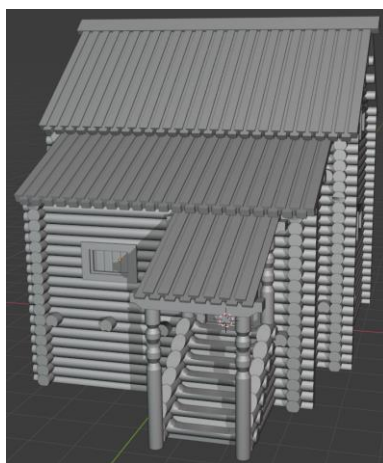
Рисунок 76 – Торговая лавка 3 секции

- 18) Здание таможни, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 77).



а

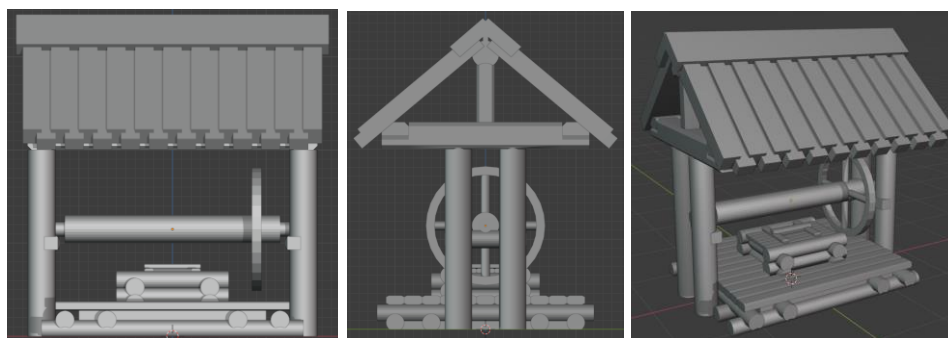
б



в

Рисунок 77 – Здание таможни

- 19) Колодец, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 78).



а

б

в

Рисунок 78 – Колодец

- 20) Приказная изба, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 79).

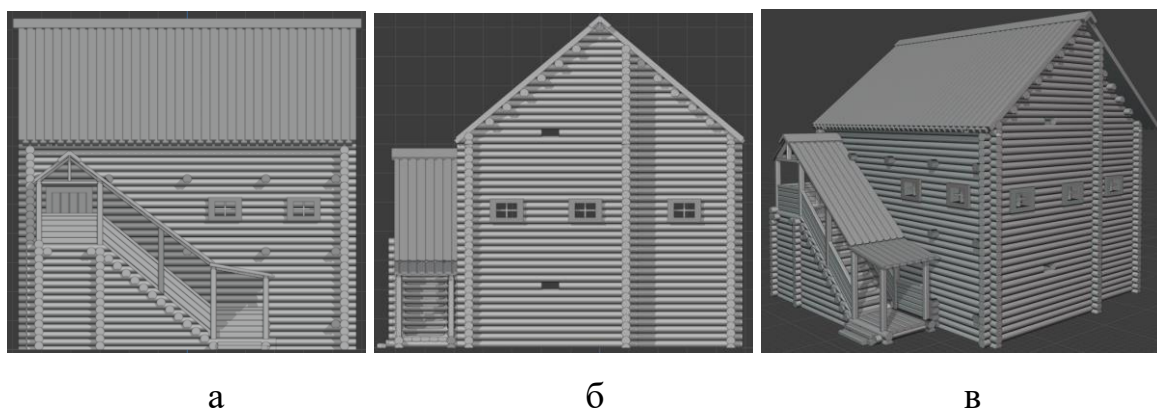


Рисунок 79 – Приказная изба

- 21) Пороховой погреб (надземная часть), 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 80).

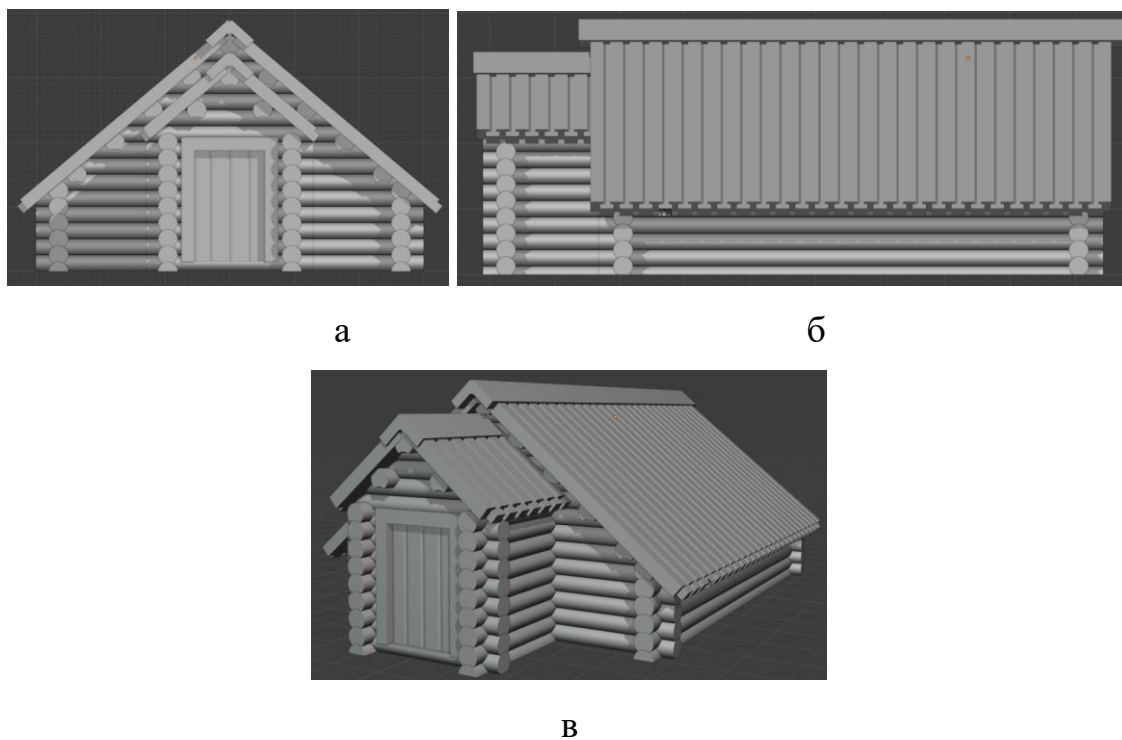
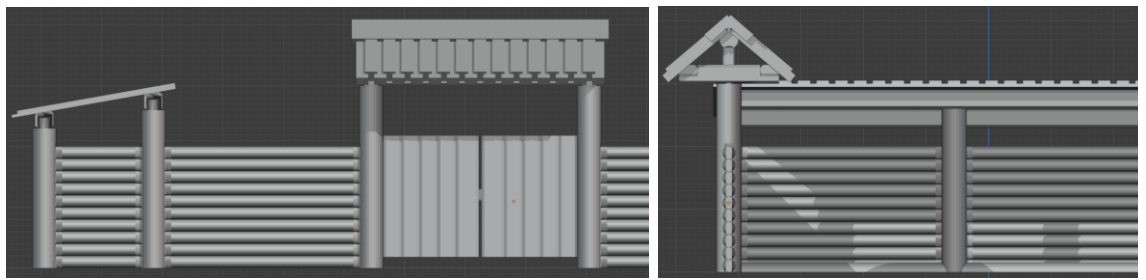


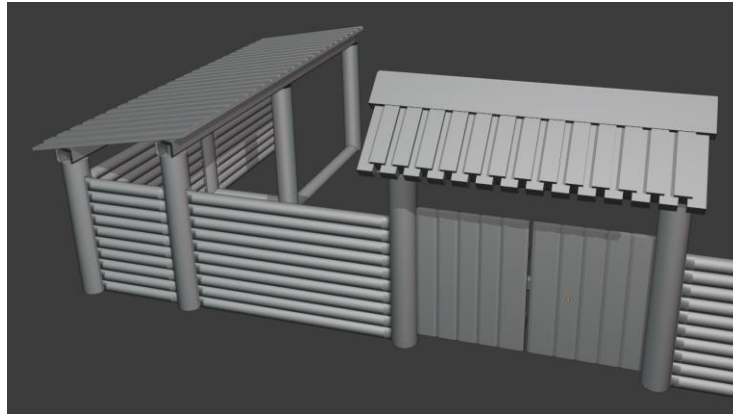
Рисунок 80 – Пороховой погреб (надземная часть)

- 22) Фрагмент забора и навеса комплекса приказной избы (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 81).



а

б



в

Рисунок 81 – Фрагмент забора и навеса комплекса приказной избы

23) Караульная изба, 2 экземпляра (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 82).



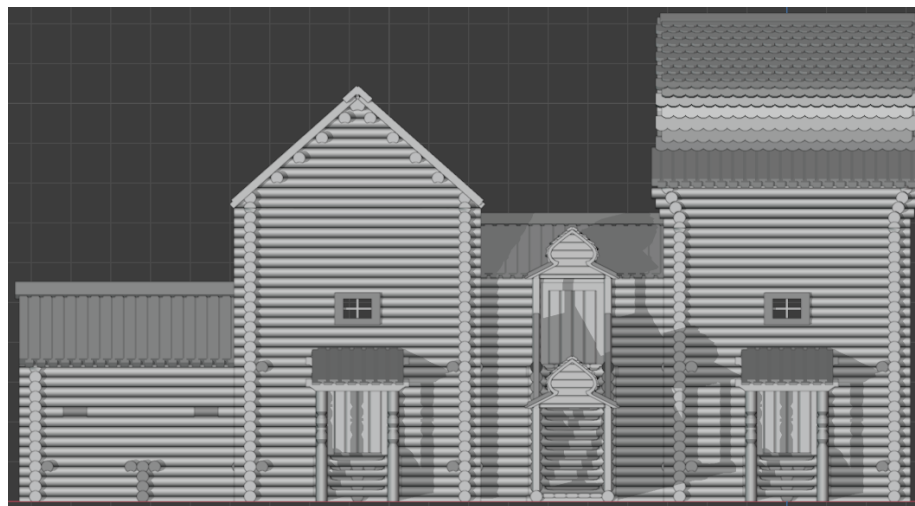
а

б

в

Рисунок 82 – Караульная изба

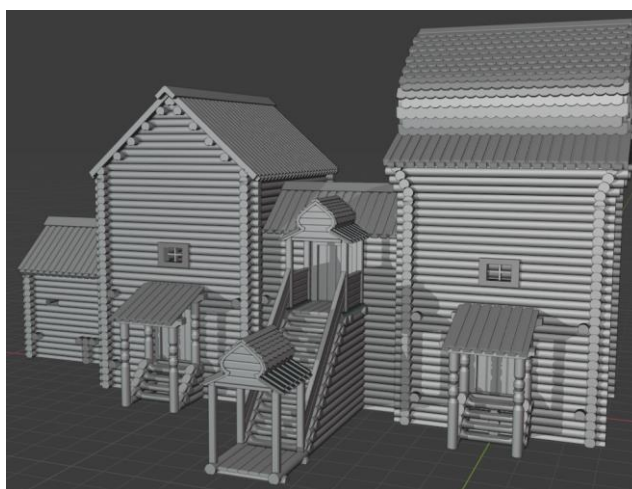
24) Воеводская усадьба, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 83).



а



б



в

Рисунок 83 – Воеводская усадьба

25) Баня, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 84).

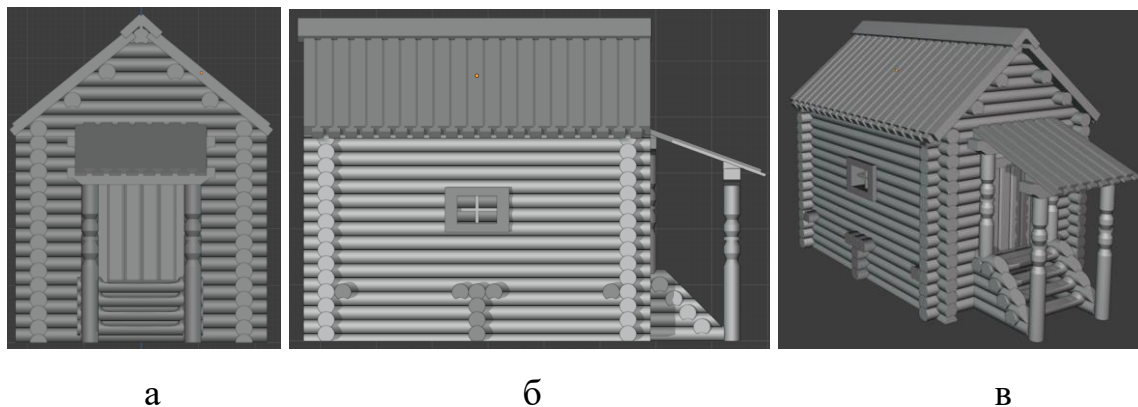


Рисунок 84 – Баня

26) Кухня, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 85).

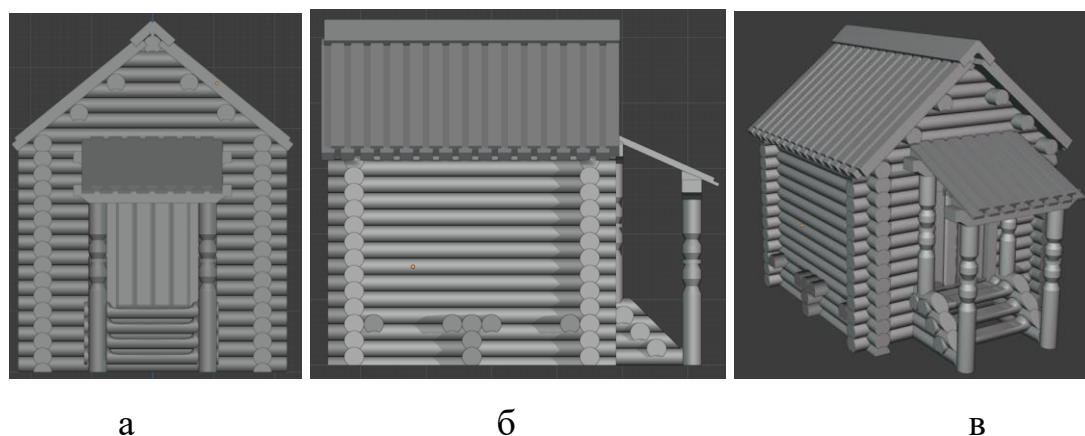


Рисунок 85 – Кухня

27) Житница, 1 экземпляр (вид спереди (а), сбоку (б), перспектива (в)) (Рис. 86).

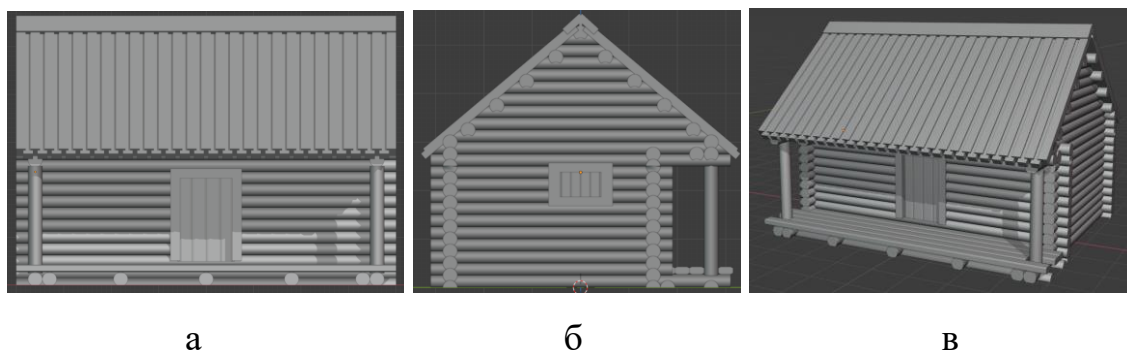


Рисунок 86 – Житница

На основе разработанных моделей был создан трехмерный макет острога, итоговый результат представлен на рисунках 87-92.

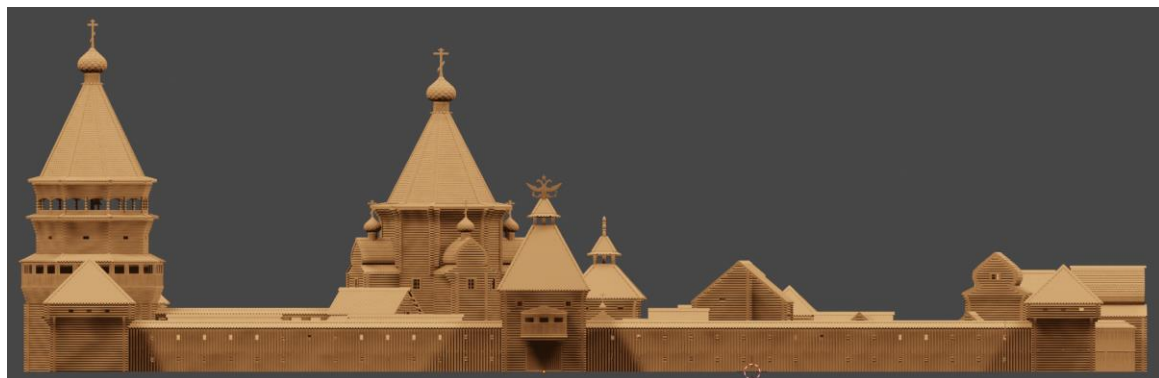


Рисунок 87 – Восточный фас острога

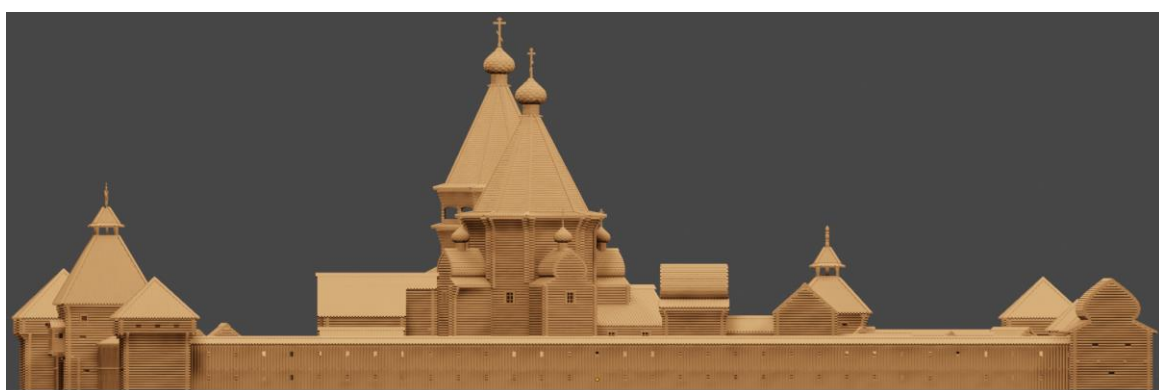


Рисунок 88 – Северный фас острога



Рисунок 89 – Западный фас острога



Рисунок 90 – Южный фас острого



Рисунок 91 – Вид в перспективе



Рисунок 92 – Вид в перспективе

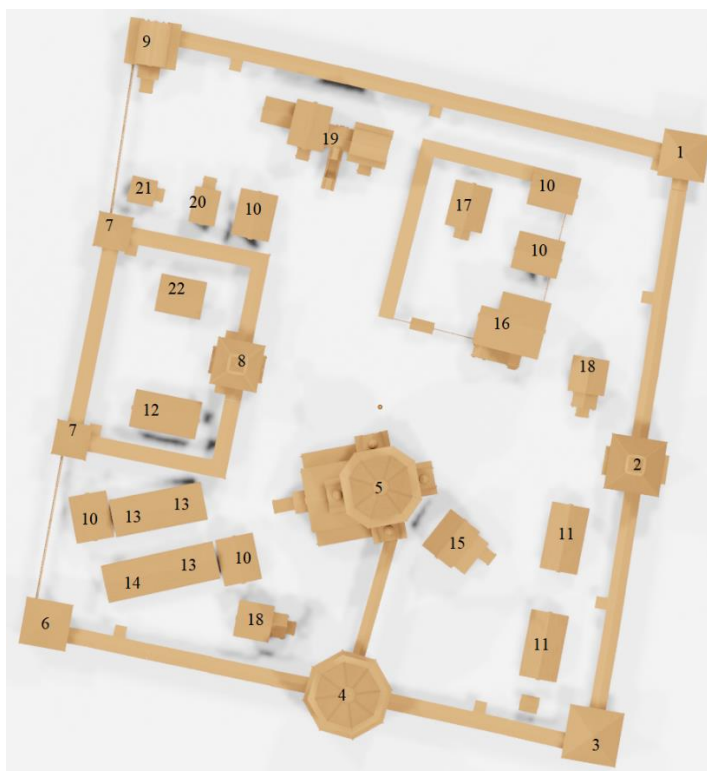


Рисунок 93 – План построек

На рисунке 93 изображен план острога, здания пронумерованы следующим образом:

- 1) северо-восточная угловая башня;
- 2) восточная проездная башня;
- 3) юго-восточная угловая башня;
- 4) южная проездная башня;
- 5) Воскресенская церковь;
- 6) юго-западная угловая башня;
- 7) наугольная башня черниговского острога;
- 8) проездная башня черниговского острога;
- 9) северо-западная угловая башня;
- 10) малый амбар;
- 11) большой амбар с боковым входом;
- 12) большой амбар;
- 13) торговая лавка 2 секции;

- 14) торговая лавка 3 секции;
- 15) здание таможни;
- 16) приказная изба;
- 17) пороховой погреб;
- 18) караульная изба;
- 19) воеводская усадьба;
- 20) баня;
- 21) кухня;
- 22) житница.

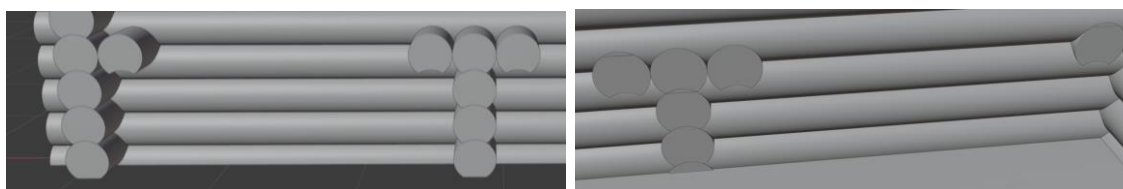
3.2 Разработка печатных модулей отдельных сооружений

3.2.1 Методика фрагментации моделей на печатные модули

Для 3D-печати моделям требуется доработка. Как минимум это разделение всего макета на блоки, так как область печати 3D-принтера ограничена [58]. Для нашего оборудования это 0,18 x 0,18 м что равно 12,69 x 12,69 м в масштабе 1:72, т.е. блоки не должны превышать данный размер [59]. Помимо этого, так же требует внимания следующее:

- а) в моделях должно быть убраны все внутренние элементы для облегчения и экономии материала;
- б) везде где это возможно усилены тонкие и нависающие детали;
- в) в нижней части моделей расположить заглушку (0,2 м) для последующего крепления к подмакетнику, разделить модель на блоки для вертикального доступа к ней.
- г) дополнительные разбиения на блоки в случае необходимости.

Первый пункт заключается в следующем: все межэтажные перекрытия, лестницы и т.д. находящиеся внутри модели (не видны при внешнем осмотре) удаляются (либо не моделируются вовсе) таким образом, что остается внешняя имитация. Пример изображен на рисунке 94, на рисунке а показан вид снаружи на б вид внутри. В данном случае бревна подклета преобразованы в имитацию.



а

б

Рисунок 94 – Имитация подклета

Усиление тонких и нависающих элементов производится из-за недостатка 3D-печати, если печатать сложный объект, то высока вероятность ухудшения качества тонких элементов особенно если они ничем не подкреплены (как показывает опыт поддержки, вводимые слайсером не всегда помогают). Усиление компенсирует этот недостаток, пример изображен на рисунке 95. Листы кровли на всех моделях были утолщены на 0,1 м, что на реальный масштаб увеличение на 1,4 мм.

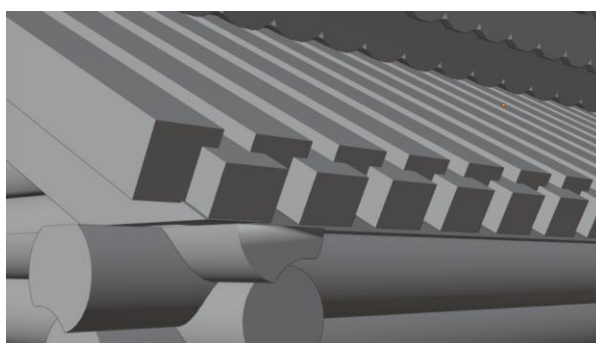


Рисунок 95 – Утолщение кровли

Следующий важный элемент – это заглушка дна модели и отсоединение верха для легкого доступа к ней во время сборки. Для фиксации модели на подмакетнике с помощью клея/винтов нужна площадь крепления (Рис. 96).



Рисунок 96 – Заглушка дна модели

При этом крыша отделяется для доступа к заглушке сверху (Рис. 97) и предусматривается крепеж (в данном случае крепление типа «паз»).

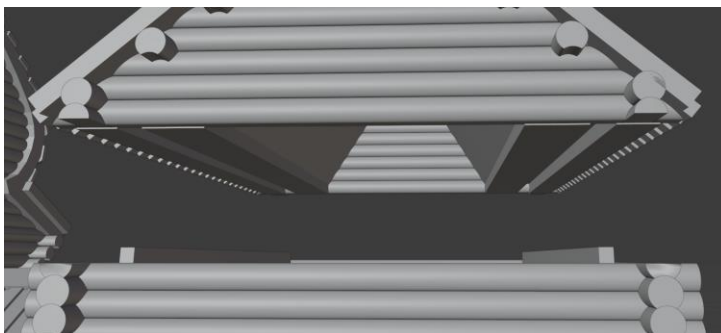
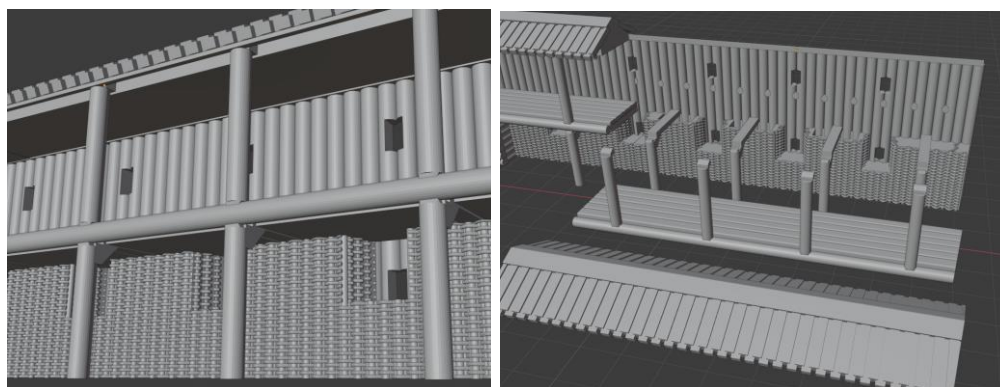


Рисунок 97 – Отделение крыши

Дополнительные разбиения производятся для экономии материала, затрачиваемого на поддержки, а также уменьшения сложности обработки. Примером может послужить стена большого острога (Рис. 98, а). В данном случае было сделано разделение кровли, полатей и самой стены (Рис. 98, б). При печати всех деталей совместно материалы было бы потрачено в 2 раза больше, так-как пространство под полатю и кровлей нужно было заполнить поддержками, иначе бы от высоких температур материал растекся и модель обвисла или не напечаталась вовсе, так же при удалении поддержек был высок риск повредить столбы.



а

б

Рисунок 98 – Стена в разобранном виде

При разборке моделей применялись следующие типы соединения:

а) соединение типа «паз» (Рис. 97);

- б) соединение типа «крюк» (Рис. 99, а);
- в) соединение нескольких деталей общим столбом (Рис. 99, б);
- г) соединение типа «шип» (Рис. 99, г);
- д) Т-образное соединение (Рис. 99, в).

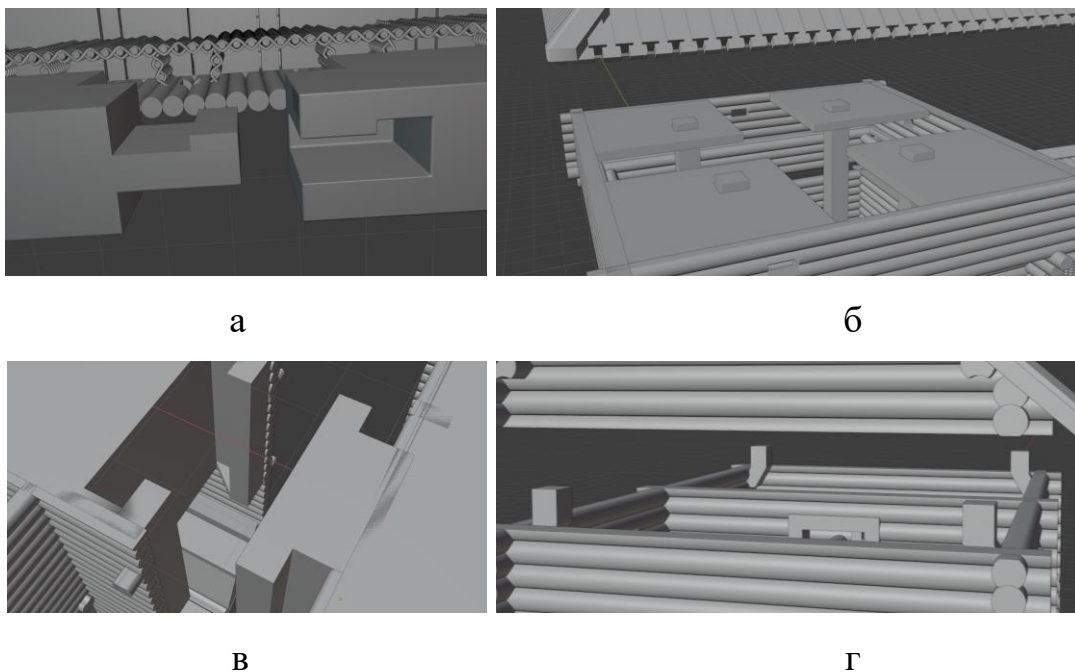


Рисунок 99 – Соединения

При установке всех соединений так же следовало учитывать зазоры, (погрешность при печати может достигать 0,5 мм) связано это с текучестью нагретого материала, поэтому необходимо делать запас 0,025 или 0,05 м (получено опытным путем).

3.2.2 Наборы печатных модулей отдельных сооружений

Руководствуясь методикой предыдущего раздела, для каждого строения был разработан набор печатных модулей. Данные модули не требуют дальнейшей доработки и полностью пригодны к трехмерной печати.

Первым объектом, как и ранее будет северо-восточная угловая башня (Рис. 100). Данный блок печатается с фрагментами стен и включает в себя 9 деталей.

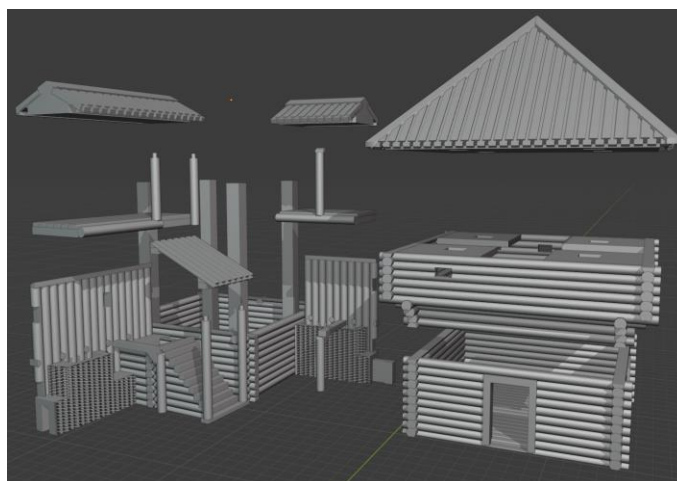


Рисунок 100 – Разобранная северо-восточная башня

Восточная проездная башня (Рис. 101) включает в себя 13 деталей.



Рисунок 101 – Разобранная восточная проездная башня

Юго-восточная башня (Рис. 102) включает в себя 3 детали.

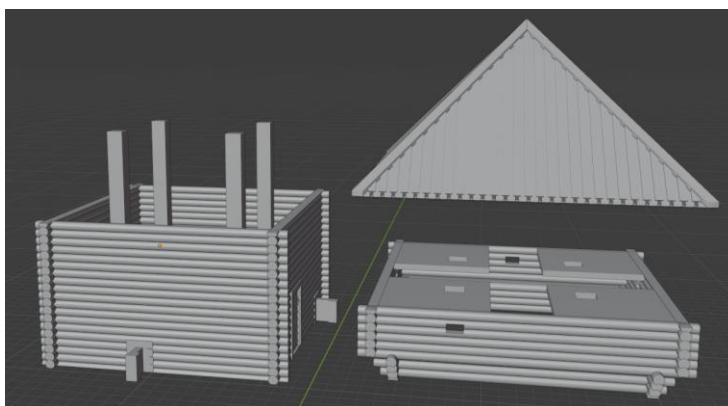


Рисунок 102 – Разобранная юго-восточная башня

Южная проездная башня (Рис. 103) включает в себя 25 деталей (с половиной перехода).

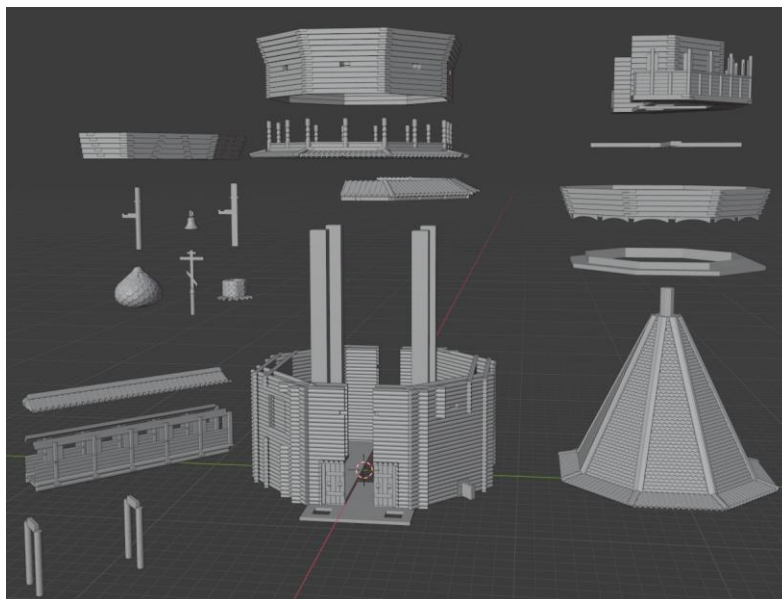


Рисунок 103 – Южная проездная башня

Воскресенская церковь (Рис. 104) включает в себя 45 деталей (с половиной перехода).

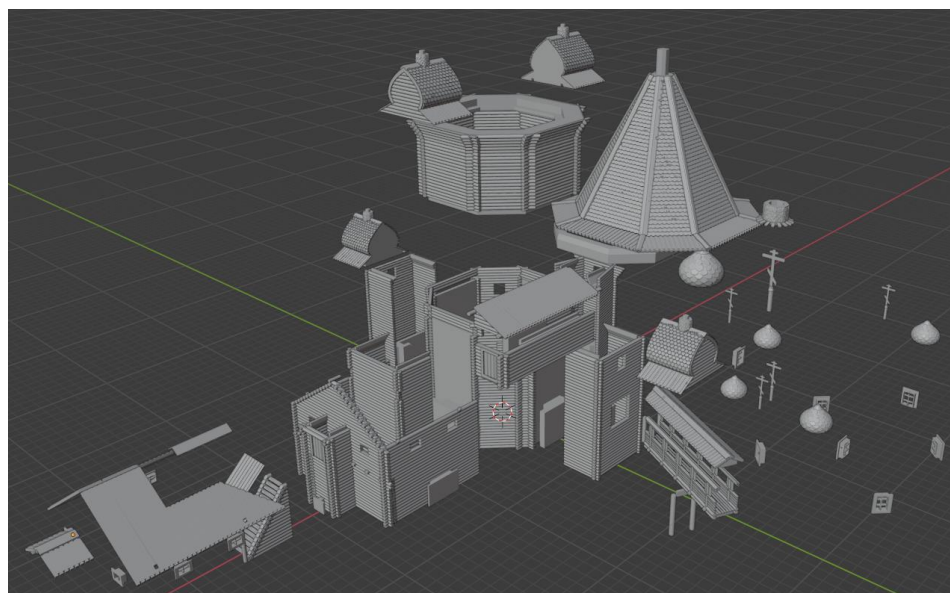


Рисунок 104 – Воскресенская церковь

Юго-западная башня (Рис. 105) включает в себя 5 деталей.

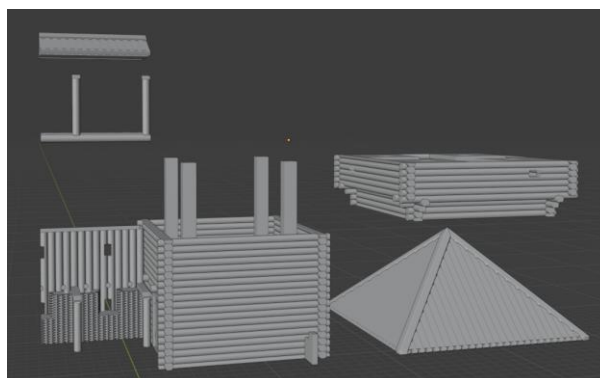


Рисунок 105 – Юго-западная башня

Наугольная башня черниговского острога (Рис. 106) включает в себя 8 деталей (с фрагментами стен).

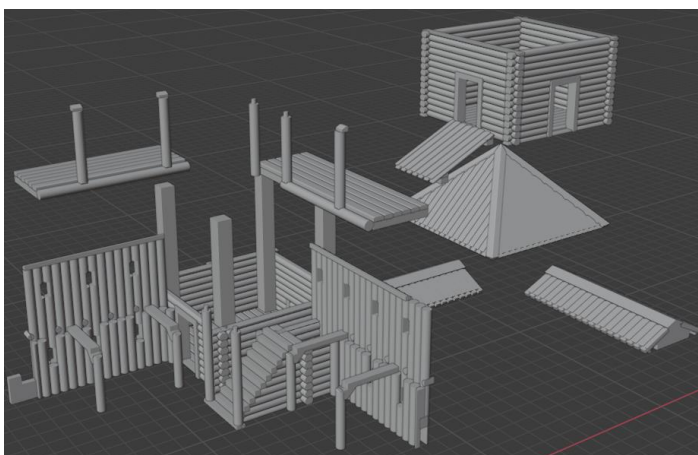


Рисунок 106 – Наугольная башня черниговского острога

Проездная башня черниговского острога (Рис. 107) включает в себя 22 детали (с фрагментами стен).

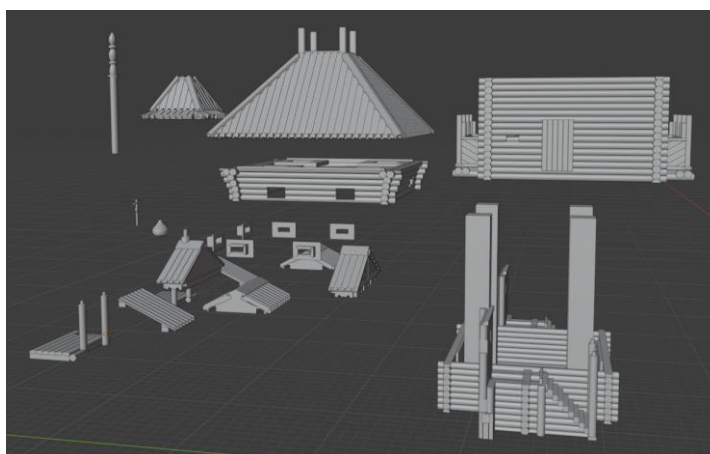


Рисунок 107 – Проездная башня черниговского острога

Северо-западная угловая башня (Рис. 108) включает в себя 6 деталей.

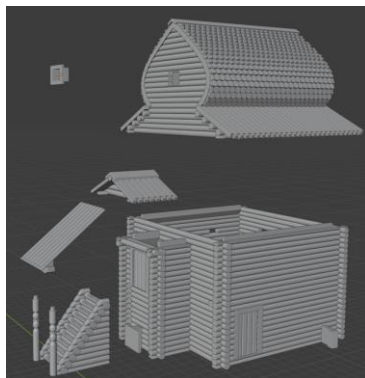


Рисунок 108 – Северо-западная угловая башня

Малый амбар (два других амбара имеют схожую конструкцию) (Рис. 109) включает в себя 2 детали.

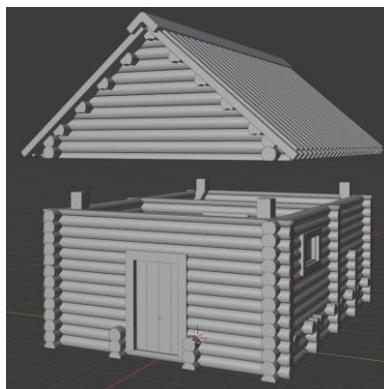


Рисунок 109 – Малый амбар

Двухсекционная лавка (трехсекционная лавка и житница имеют аналогичную конструкцию) (Рис. 110) включает в себя 2 детали.



Рисунок 110 – Двухсекционная лавка

Колодец (Рис. 111) включает в себя 4 детали.

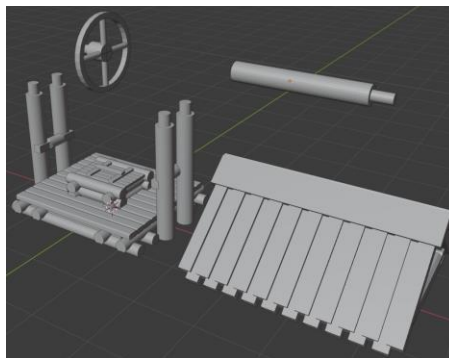


Рисунок 111 – Колодец

Таможня (Рис. 112) включает в себя 7 деталей.

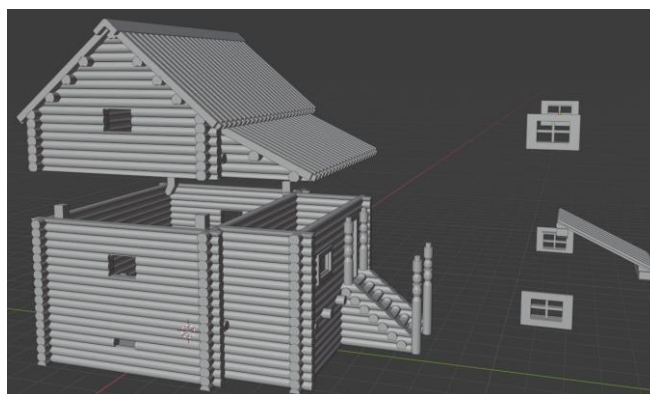


Рисунок 112 – Таможня

Комплекс приказной избы (Рис. 113) включает 26 деталей.

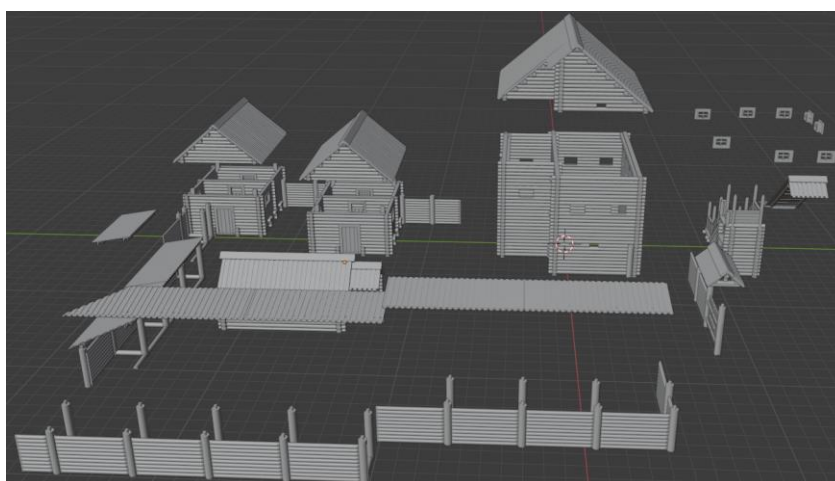


Рисунок 113 – Комплекс приказной избы

Воеводская усадьба (Рис. 114) включает 18 деталей.

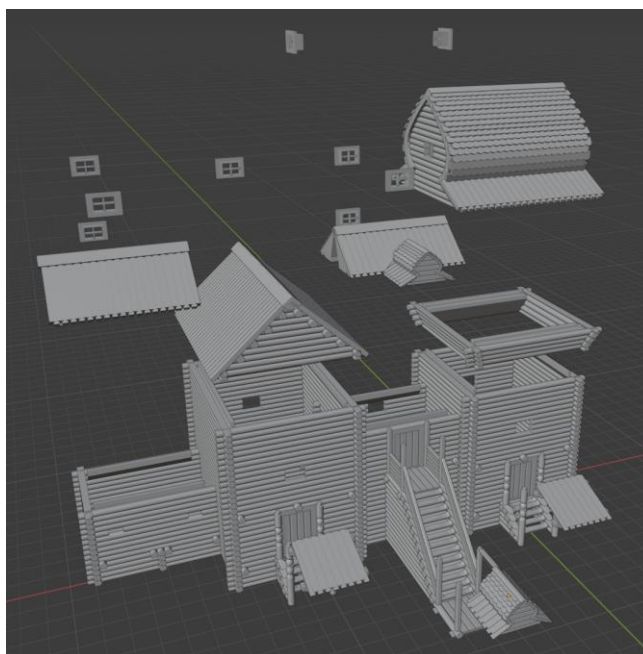


Рисунок 114 – Воеводская усадьба

Караульная изба (Рис. 115) включает 4 детали.

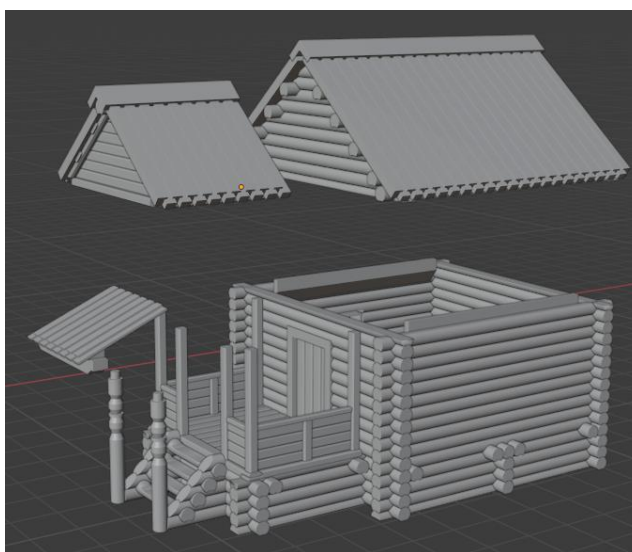


Рисунок 115 – Караульная изба

Баня и кухня построены по аналогии с караульной избой за исключением отсутствия веранды как следствие количество деталей равно трем. Стены (малый и большой острог) насчитывают 106 деталей. Весь макет состоит из 327 деталей.

3.3 Печать макета острога методом послойного наплавления

3.3.1 Программно-техническое обеспечение и материалы

Cura – программное обеспечение слайсер распространяемое по лицензии LGPL v3. Cura является одним из самых популярных слайсеров среди энтузиастов. Данная программа имеет простой и интуитивно понятный интерфейс, который будет понятен начинающим пользователям, при этом имеет внушительное количество настроек 3D-печати. В данном программном продукте реализованы профили практически для всех существующих моделей 3D-принтеров, помимо этого пользователь может настроить характеристики принтера вручную. Cura предлагает возможность взаимодействия с принтером как посредством сохраняемого файла формата GCode, который считывается принтером со сменного носителя, так и напрямую через специальный кабель (при условии наличия установленного драйвера и поддержки самим принтером такой возможности). Главное окно программы представлено на рисунке 116.

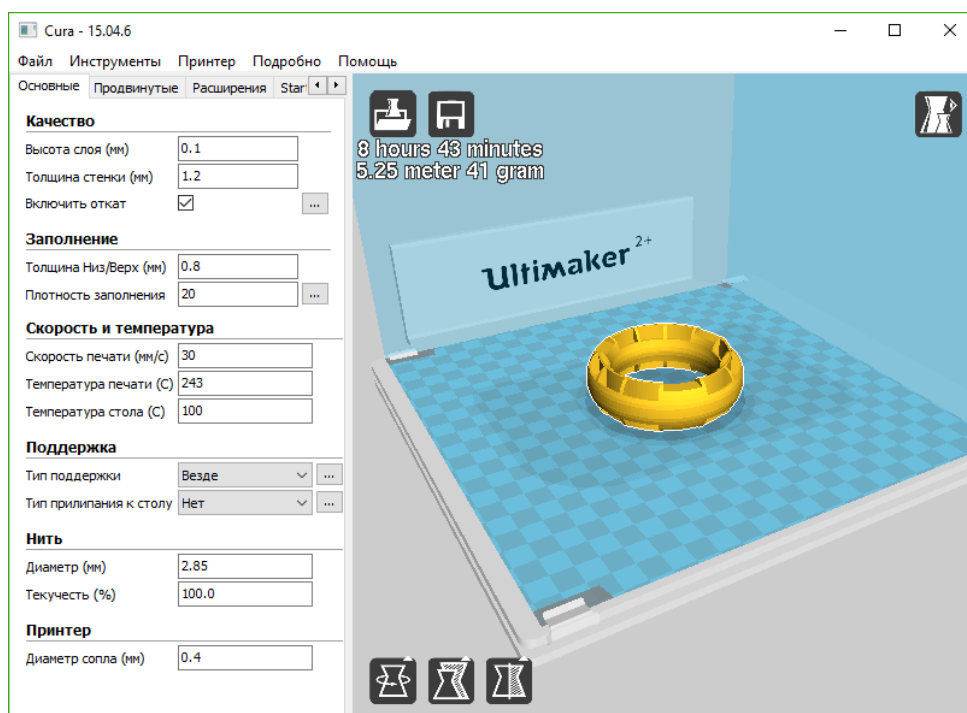


Рисунок 116 – Главное окно слайсера Cura

В качестве оборудования для 3D-печати использовался принтер, основанный на конструкции Prusa i3 разработчиком которого является Иозеф Пруса.

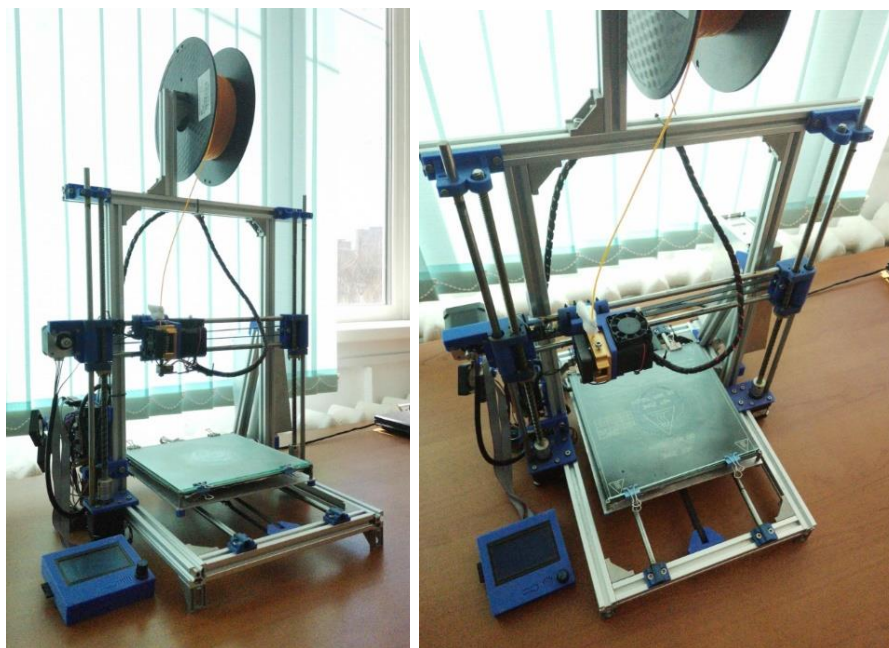
Prusa i3 был разработан в 2012 году и является частью проекта RepRap. Так как конструкция принтера открыта для использования, относительно недорога и проста в сборке, различные компании и энтузиасты создали множество его вариантов и, как и другие принтеры RepRap Prusa i3 могут печатать некоторые из своих деталей. На данный момент принтеры, основанные на i3 является наиболее часто используемыми в мире [60]. Материалом для печати выступал термопластик PLA.

Основные характеристики используемого 3D-принтера представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики 3D-принтера

Характеристика	Значение
Технология печати	FDM
Область печати	180x180x220 мм
Высота слоя	От 0.1 мм
Характеристика	Значение
Скорость печати	От 40 мм/с до 60 мм/с
Используемый материал	Термопластики: ABS, PLA, PET, PETG, PVA, HIPS, FLEX (Диаметр нити 1.75 мм)
Подогреваемая платформа	Максимальная температура 120 °С
Электронные компоненты	Arduino mega 2560, RAMPS 1.4 LCD дисплей с SD-картридером и кнопкой управления, Блок питания 350 Вт, 12 В Нагревательный стол MK2A
Прошивка	Marlin
Экструдер	0,2-0,8 мм
Количество головок	1

Фотографии одного из используемых 3D-принтеров представлены на рисунке 117.



а

б

Рисунок 117 – Используемый 3D-принтер

Полилактид (ПЛА, PLA) – биоразлагаемый, биосовместимый, термопластик. Сырьем для получения служат также картофельный и кукурузный крахмал, соевый белок, крупа из клубней маниока, целлюлоза. На сегодняшний день PLA активно используется в качестве расходного материала для печати на 3D-принтерах. Используется для производства изделий с коротким сроком службы (пищевая упаковка, одноразовая посуда, пакеты, различная тара), а также в медицине, для производства хирургических нитей и штифтов (обычно данный материал проходит специальную медицинскую сертификацию) [6148]. PLA обладает следующими свойствами:

- нетоксичен;
- широкая цветовая палитра;
- при печати нет необходимости в нагретой платформе;
- получение более детальных и полностью готовых к применению объектов;
- идеален для движущихся частей и механических моделей;
- плотность (1,23-1,25) г/см³;

- температура стеклования около $(60-65)^{\circ}\text{C}$;
- температура плавления $(173-178)^{\circ}\text{C}$;
- прочность на изгиб 55,3 МПа;
- прочность на разрыв 57,8 МПа;
- нет усадки при изготовлении изделий;
- влагопоглощение $(0,5-50)\%$.

Фактические свойства материала зависят от спецификации производителя. Так же PLA смешивают с другими пластиками для получения определённых свойств. Для печати PLA поставляется в катушках массой 1, 3, 0,75 кг. Для используемого принтера диаметр сечения нити составляет 1,75 мм. Пример катушки с филаментом так же можно увидеть на рисунке 70. PLA-пластик является идеальным материалом для 3D-печати прототипов и изделий, которые не предполагается эксплуатировать длительное время. Это могут быть декоративные объекты, изделия для презентаций и предметы, требующие тщательной детализации.

3.3.2 Результаты физической реализации виртуальной модели

Последним этапом создания макета является 3D-печать. Время, затраченное на печать одной детали, могло варьироваться от 15 мин до 2 суток. Поэтому выгодно объединять несколько малых деталей в одну партию, отправляемую на печать. Результаты работы представлены на рисунках 118-121.



Рисунок 118 – Вид макета со стороны северо-западной угловой башни



Рисунок 119 – Вид макета со стороны юго-западной угловой башни



Рисунок 120 – Вид макета со стороны юго-восточной угловой башни



Рисунок 121 – Вид макета со стороны северо-восточной угловой башни

Полученный макет так же будет расположен на подмакетнике в форме прямоугольной трапеции со сторонами 1,7 м, 1,6 м и 1,5 м, и будет дополнен различными элементами такими как, карта дорог и тропинок, модели жителей и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование цифровых технологий обеспечивает гибкость в осуществлении виртуальной реконструкции, позволяя оперативно вносить изменения. Основную ценность в данной работе представляет виртуальная модель имеющую существенное отличие от существующих макетов. Макеты, созданные на основе трехмерной модели можно тиражировать в промышленных масштабах, чего не позволяет ручная сборка.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы были решены все поставленные задачи. Проведен обзор информационных технологий для трехмерного моделирования, а также обзор существующих решений, выделены недостатки. Изучение исторического аспекта обеспечило процесс создания моделей необходимой информацией. Так из росписи 1684 года были получены основные размеры построек, а также некоторые детали. Недостающая информация была дополнена сохранившейся информацией об исторических аналогах того времени. Результаты, полученные в рамках онтологической методики систематизации всей имеющейся совокупности исходных и справочных данных, представляют собой наиболее полную картину современной интерпретации общего устройства Албазинского острога в 1685 г. Так же полученный макет является наукоемким и имеет обоснование своего представления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. 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. С.111.
2. 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).
3. 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.
4. Жеребятьев, Д.И., Методы трёхмерного компьютерного моделирования в задачах исторической реконструкции монастырских комплексов Москвы: Монография. – М.: МАКС пресс, 2014 – 224 с.
5. 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.
6. 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.
7. Иридеков, Н.В., Янченко И.В., Виртуальная 3D реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас // Дневник науки. 2019. № 5 (29). С. 38.
8. Остапенко, М.Ю., Виртуальная реконструкция колокольни страстного монастыря (XVIII - первая половина XIX в.): опыт построения 3D-модели // Исто-

рическая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. 2014. № 2-3 (8-9). С. 42-49.

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

10. Трухин В.И., Крюков В.В. Албазинское воеводство (сборник документов). – Хабаровск: Библиотека дальневосточного казачества, 2016.

11. Забияко, А. П. Албазинский острог. История, археология, антропология народов Приамурья. [Текст] / Забияко, А. П., Черкасов, А.Н. - Новосибирск. : ИАЭТ СО РАН, 2019 - 348 с.

12. Еремин, И.Е., Трухин, В.И., Бугаев, С.Н., Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. I // Информатика и системы управления. – 2019. – № 4 – С. 10-25.

13. Трухин, В.И. Албазинский острог: от «росписи» до «росписи» // СПб. : Президентская библиотека. – 2020. – С. 200-215.

14. Н.П. Крадин., Роспись Албазинского острога 1684 г. // Научный журнал Россия и АТР – 1992 г. – № 2 – С. 110.

15. Трухин В.И., Багрин Е.А. Албазинский острог в 1665/1666-1689 гг.: фортификация и защитники – опыт исторической реконструкции // История военного дела: исследования и источники. – 2019. – Т. X. – С. 385-431. http://www.milhist.info/2019/01/30/tryxin_bagrin – 6.02.2021.

16. Трухин В.И., Багрин Е.А. Албазинский острог в 1665/1666-1689 гг ... http://www.milhist.info/2019/01/30/tryxin_bagrin – 6.02.2021.

17. Трухин В.И., Багрин Е.А. Албазинский острог в 1665/1666-1689 гг ... http://www.milhist.info/2019/01/30/tryxin_bagrin – 6.02.2021.

18. Крадин, Н. Илимский острог в музее деревянного зодчества «Тальцы» под Иркутском // Проект байкал. – 2013. – т. 10 – С. 44-53.

19. Красовский, М.В. Энциклопедия русской архитектуры: Деревянное зодчество. / М.В. Красовский – СПб. : Изд-во Сатисъ, 2002. – 382 с.

20. Белич, И.В. Чертеж г. Тюмени рубежа XVII–XVIII вв. и топография «Царева городища» (чимги/цымги-туры) / И.В. Белич // Вестник археологии, антропологии и географии. – 2009. – №11. – С.143-163.
21. Сухих, В.В., Глинский С.В. Реконструкция крепостных сооружений Албазинской крепости по археологическим источникам и опубликованным материалам // Записки Амурского областного краеведческого музея и общества краеведов. – 1992. – Вып. 7. – С. 17-25.
22. Забияко, А. П. Албазинский острог. История...Новосибирск. : ИАЭТ СО РАН, 2019 - 348 с.
23. Забияко, А. П. Албазинский острог. История...Новосибирск. : ИАЭТ СО РАН, 2019 - 348 с.
24. Черкасов, А., Зайцев Н., Онищук В., Сухоруков Н. Албазинская экспедиция. Современные геофизические методы в исследовании Албазинского острога // Родина. – 2011. – № 12. – С. 59-63.
25. Забияко, А. П. Албазинский острог. История...Новосибирск. : ИАЭТ СО РАН, 2019 - 348 с.
26. Новиков-Даурский, Г.С. Историко-археологические очерки, статьи, воспоминания. – Благовещенск: Амур. кн. изд-во, 1961.
27. Кочадамов В.И. Албазин – русская крепость XVII века на Амуре // Тр. Ин-та живописи, скульптуры и архитектуры им. И.Е. Репина. Сер. Искусствоведение. – Л.: [Б. и.], 1970. – Вып. 3. – С. 39–43.
28. Кочадамов, В.И. Первые русские города Сибири. – М.: Стройиздат, 1978.
29. Трухин, В.И. «Росписной список» Албазинского острога 1674 г. // Сборники Президентской библиотеки. Серия: «Электронный архив». – СПб. – 2019. – Вып. 3. – С. 178–188.
30. Нестеров, С.П. Город Албазин на Амуре: численность жителей в последней четверти XVII века // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 113-122.

31. Трухин, В.И. Два описания Албазинского острога из «Доклада Лифаньюаня о русских людях, незаконно перешедших границу, проживающих в Якса и других местах» // Диалог времен. – 2019. – Вып. 2. – С. 123-131.
32. Артъемьев А. Р. Города и остроги Забайкалья и Приамурья во второй половине XVII-XVIII вв. Владивосток, 1999. 336 с.
33. Трухин В.И., Багрин Е.А. Албазинский острог в 1665/1666-1689 гг ... http://www.milhist.info/2019/01/30/tryxin_bagrin – 6.02.2021.
34. Трухин, В.И. Развитие крепостных сооружений Албазинского острога в исторической ретроспективе и некоторые аспекты реконструкции его объемно-планировочной структуры // Амурское казачество вчера и сегодня: мат. межрег. науч.-прак. конф. – Благовещенск, 2018.
35. Трухин, В.И. Два описания албазинского острога из «доклада Лифаньюаня о русских людях, незаконно перешедших границу, проживающих в Якса и других местах» // Диалог времен : амурский краеведческий альманах. – Амурская областная научная библиотеке им. Н.Н. Муравьева-Амурского. – Благовещенск. – 2019. – №2. – С.4-8.
36. Герасимов, А.А. Самоучитель КОМПАС-3D v19. / А.А. Герасимов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 624 с.
37. Blender Documentation [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://docs.blender.org>. – 12.04.2021.
38. 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.
39. Бондаренко, С. В. Blender : краткое руководство / С. В. Бондаренко, М. Ю. Бондаренко. – М. : Диалектика, 2015. – 144 с.
40. Кузьменко, А.А. Технология трехмерного моделирования в Blender 3d : учебное по-собие / Кузьменко А. А., Гладченков А. Д., Филиппова Л. Б. [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).

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

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

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

44. 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.

45. 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.

46. Крадин, Н.П. Русское деревянное зодчество. – М.: Искусство, 1988.

47. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. II // Информатика и системы управления. – 2020. – № 2(64). – С. 43-56.

48. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Лохов А.Ю. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. III // Информатика и системы управления. – 2020. – № 3(65). – С. 14-25.

49. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Черкасов А.Н. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. IV // Информатика и системы управления. – 2020. – № 4(66). – С. 3-16.

50. Трухин В.И., Нацвин А.В. Реконструкция внешнего облика Воскресенской церкви Албазинского острога // Религиоведение. – 2020. – № 1. – С. 123-131.
51. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Лохов А.Ю. Трехмерное компьютерное моделирование ... № 3(65). – С. 14-25.
52. Трухин В.И., Нацвин А.В. Реконструкция внешнего облика...№ 1. – С. 123-131.
53. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Черкасов А.Н. Трехмерное компьютерное моделирование ... № 4(66). – С. 3-16.
54. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. II // Информатика и системы управления. – 2020. – № 2(64). – С. 43-56.
55. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И. Трехмерное компьютерное моделирование...№ 2(64). – С. 43-56.
56. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Лохов А.Ю. Трехмерное компьютерное моделирование ... № 3(65). – С. 14-25.
57. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Черкасов А.Н. Трехмерное компьютерное моделирование ... № 4(66). – С. 3-16.
58. Лабораторный практикум по курсу «3D-моделирование и прототипирование изделий»: учеб.-метод. пособие / А. Н. Сергеев [и др.]. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 162 с.
59. Сергеев, А. Н. Профессиональное макетирование и техническое моделирование. Краткий курс. Учебное пособие /. – Изд-во Проспект, 2020. – 168 с.
60. 3D-печать. Технологии 3D-печати. Применение [Электронный ресурс] //3D-today. – Режим доступа: https://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/ – 1.04.2021.
61. Low cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development [Электронный ресурс] // ICTP Science Dissemination Unit. – Режим доступа: <http://sdu.ictp.it/3D/book.html>. – 1.04.2021.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артъемьев А. Р. Города и остроги Забайкалья и Приамурья во второй половине XVII-XVIII вв. Владивосток, 1999. 336 с.
2. Белич, И.В. Чертеж г. Тюмени рубежа XVII–XVIII вв. и топография «Царева городища» (чимги/цымги-туры) / И.В. Белич // Вестник археологии, антропологии и географии. – 2009. – №11. – С.143-163.
3. Бондаренко, С. В. Blender : краткое руководство / С. В. Бондаренко, М. Ю. Бондаренко. – М. : Диалектика, 2015. – 144 с.
4. 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.
5. Герасимов, А.А. Самоучитель КОМПАС-3D v19. / А.А. Герасимов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 624 с.
6. 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.
7. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. II // Информатика и системы управления. – 2020. – № 2(64). – С. 43-56.
8. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Лохов А.Ю. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. III // Информатика и системы управления. – 2020. – № 3(65). – С. 14-25.
9. Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Черкасов А.Н. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. IV // Информатика и системы управления. – 2020. – № 4(66). – С. 3-16.

10. 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.
11. Еремин, И.Е., Трухин, В.И., Бугаев, С.Н., Трёхмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. I // Информатика и системы управления. – 2019. – № 4 – С. 10-25.
12. Жеребятьев, Д.И., Методы трёхмерного компьютерного моделирования в задачах исторической реконструкции монастырских комплексов Москвы: Монография. – М.: МАКС пресс, 2014 – 224 с.
13. Забияко, А. П. Албазинский острог. История, археология, антропология народов Приамурья. [Текст] / Забияко, А. П., Черкасов, А.Н. - Новосибирск. : ИАЭТ СО РАН, 2019 - 348 с.
14. 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.
15. Иридеков, Н.В., Янченко И.В., Виртуальная 3D реконструкция каменного изваяния Улуг Хуртуях Тас // Дневник науки. 2019. № 5 (29). С. 38.
16. Кочедамов В.И. Албазин – русская крепость XVII века на Амуре // Тр. Ин-та живописи, скульптуры и архитектуры им. И.Е. Репина. Сер. Искусствоведение. – Л.: [Б. и.], 1970. – Вып. 3. – С. 39–43.
17. Кочедамов, В.И. Первые русские города Сибири. – М.: Стройиздат, 1978.
18. Крадин, Н. Илимский острог в музее деревянного зодчества «Тальцы» под Иркутском // Проект байкал. – 2013. – т. 10 – С. 44-53.
19. Крадин, Н.П. Русское деревянное зодчество. – М.: Искусство, 1988.
20. Красовский, М.В. Энциклопедия русской архитектуры: Деревянное зодчество. / М.В. Красовский – СПб. : Изд-во Сатисъ, 2002. – 382 с.

21. Лабораторный практикум по курсу «3D-моделирование и прототипирование изделий»: учеб.-метод. пособие / А. Н. Сергеев [и др.]. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – 162 с.
22. 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.
23. Н.П. Крадин., Роспись Албазинского острога 1684 г. // Научный журнал Россия и АТР – 1992 г. – № 2 – С. 110.
24. Нестеров, С.П. Город Албазин на Амуре: численность жителей в последней четверти XVII века // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 113-122.
25. Новиков-Даурский, Г.С. Историко-археологические очерки, статьи, воспоминания. – Благовещенск: Амур. кн. изд-во, 1961.
26. Новиков-Даурский, Г.С. Историко-археологические очерки, статьи, воспоминания. – Благовещенск: Амур. книж. изд-во, 1961.
27. 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.
28. 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.
29. Сергеев, А. Н. Профессиональное макетирование и техническое моделирование. Краткий курс. Учебное пособие /. – Изд-во Проспект, 2020. – 168 с.
30. Сохранение культурного наследия с помощью информационных технологий [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru : офиц. сайт. URL: <http://cyberleninka.ru>

leninka.ru/article/n/sohranenie-kulturnogo-naslediya-s-pomoschyu-in-formatsionnyh-
tehnologiy. (дата обращения: 10.04.2021)

31. Сухих, В.В., Глинский С.В. Реконструкция крепостных сооружений Албазинской крепости по археологическим источникам и опубликованным материалам // Записки Амурского областного краеведческого музея и общества краеведов. – 1992. – Вып. 7. – С. 17-25.

32. 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).

33. 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.

34. Трухин В.И. Развитие крепостных сооружений Албазинского острога в исторической ретроспективе и некоторые аспекты реконструкции его объемно-планировочной структуры // Амурское казачество вчера и сегодня: мат. межрег. науч.-практ. конф. – Благовещенск, 2018.

35. Трухин В.И., Багрин Е.А. Албазинский острог в 1665/1666-1689 гг.: фортификация и защитники – опыт исторической реконструкции // История военного дела: исследования и источники. – 2019. – Т. X. – С. 385-431. http://www.milhist.info/2019/01/30/tryxin_bagrin – 6.02.2021.

36. Трухин В.И., Крюков В.В. Албазинское воеводство (сборник документов). – Хабаровск: Библиотека дальневосточного казачества, 2016.

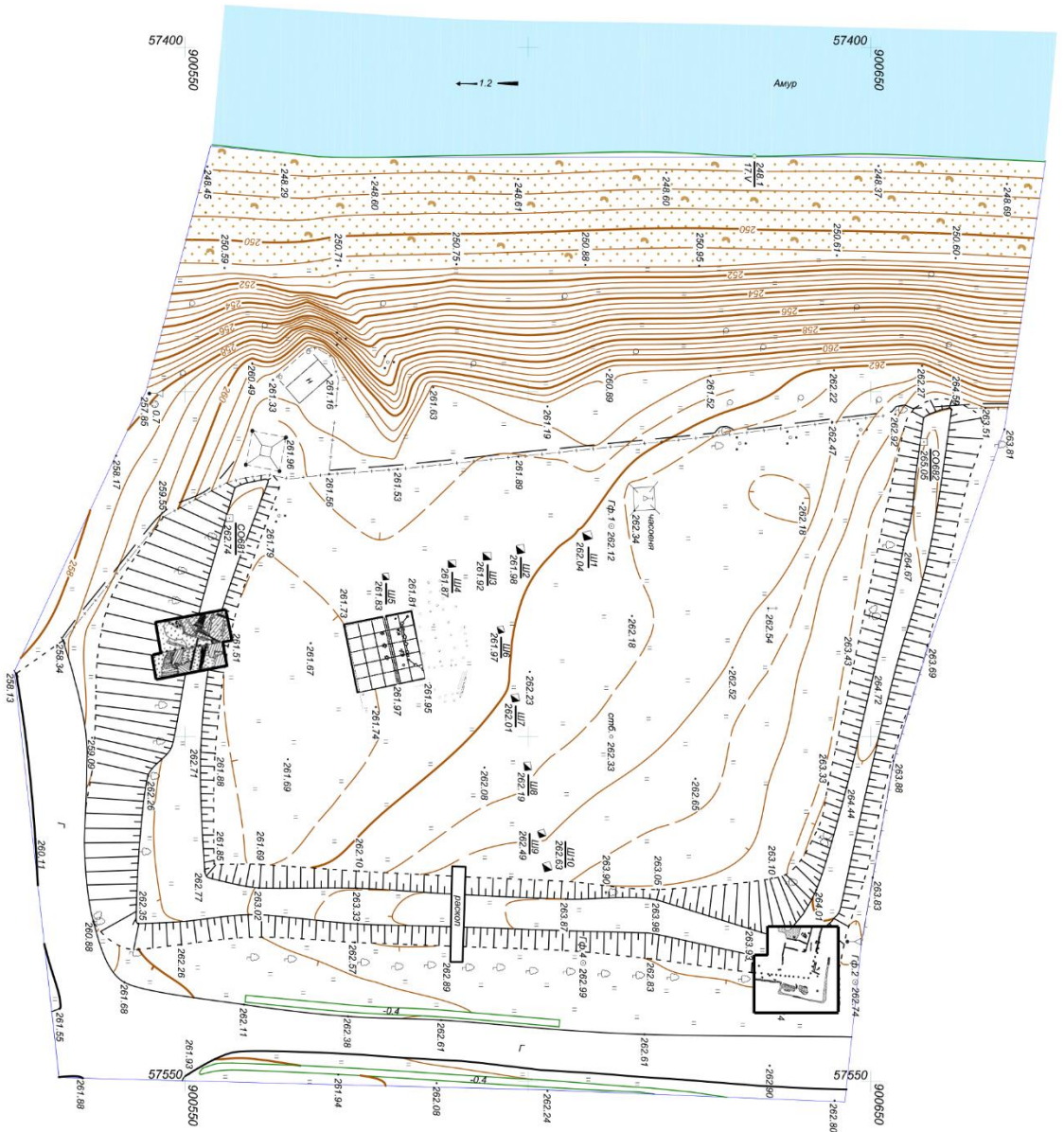
37. Трухин В.И., Нацвин А.В. Реконструкция внешнего облика Воскресенской церкви Албазинского острога // Религиоведение. – 2020. – № 1. – С. 123-131.

38. Трухин, В.И. «Росписной список» Албазинского острога 1674 г. // Сборники Президентской библиотеки. Серия: «Электронный архив». – СПб. – 2019. – Вып. 3. – С. 178–188.
39. Трухин, В.И. Албазинский острог: от «росписи» до «росписи» // СПб. : Президентская библиотека. – 2020. – С. 200-215.
40. Трухин, В.И. Два описания албазинского острога из «доклада Лифаньюаня о русских людях, незаконно перешедших границу, проживающих в Якса и других местах» // Диалог времен : амурский краеведческий альманах. – Амурская областная научная библиотеке им. Н.Н. Муравьева-Амурского. – Благовещенск. – 2019. – №2. – С.4-8.
41. Трухин, В.И. Два описания Албазинского острога из «Доклада Лифаньюаня о русских людях, незаконно перешедших границу, проживающих в Якса и других местах» // Диалог времен. – 2019. – Вып. 2. – С. 123-131.
42. Хахаев, И.А. Графический редактор GIMP: первые шаги // – М. : Издательский дом ДМК-пресс, 2009 — 232 с.
43. Черкасов, А., Зайцев Н., Онищук В., Сухоруков Н. Албазинская экспедиция. Современные геофизические методы в исследовании Албазинского острога // Родина. – 2011. – № 12. – С. 59-63.
44. Шишкин, В. В. Графический растровый редактор Gimp : учебное пособие // В. В. Шишкин, О. Ю. Шишкина, З. В. Степчева, – Ульяновск : УлГТУ, 2010 – 119 с.
45. 3D-печать. Технологии 3D-печати. Применение [Электронный ресурс] //3D-today. – Режим доступа: https://3dtoday.ru/wiki/3D_print_technology/ – 1.04.2021.
46. Blender Documentation [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://docs.blender.org>. – 12.04.2021.
47. GNU Image manipulation program [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://www.gimp.org/>. – 14.04.2021.

48. Low cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development
[Электронный ресурс] // ICTP Science Dissemination Unit. – Режим доступа:
<http://sdu.ictp.it/3D/book.html>. – 1.04.2021.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Совмещение всех имеющихся данных раскопов



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Карта со всеми постройками основного и внутреннего периметра

