

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 12.03.02 Оптическое материаловедение
 Отделение школы Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

Система архитектурно-художественного освещения объектов деревянного зодчества
 УДК 628.974.8:72.02

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B81	Трущенко Екатерина Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ ИШНПТ	Коржнева Татьяна Геннадьевна	К. Т. Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	К.Т.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Степанов Сергей Александрович	к.ф.-м.н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций

УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики оптических измерений
ОПК(У)-4	Способен использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке текстовой, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей

ПК(У)-2	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оплотехники и их исследованию на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
ПК(У)-3	Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оплотехники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
ПК(У)-4	Способность к разработке технологических процессов и технической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль механических, оптических, оптико- электронных блоков, узлов и деталей
ПК(У)-5	Способность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества изделий оптических, оптико- электронных систем, приборов, деталей, элементов и оптических покрытий различного назначения
ПК(У)-6	Способность к проектированию оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией изготовления оптических и оптико- электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-7	Способность к организации контроля качества выпускаемой оптической продукции

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа _____ Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки _____ 12.03.02 «Оптотехника»

Уровень образования _____

бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) _____ Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Степанов С.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4B81	Трущенко Екатерина Евгеньевна

Тема работы:

Система архитектурно-художественного освещения объектов деревянного зодчества

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане

Обмерные чертежи (г. Томск, проспект Ленина, 59)

безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Технология наземного лазерного сканирования. Методы, программное обеспечение для обработки результатов наземного лазерного сканирования. Актуальность применения данной технологии для трехмерного моделирования памятников архитектурного наследия. Построение по облаку точек трехмерной модели объекта исследования в программном комплексе SolidWorks, создание каталога объемных элементов. Принципы проектирования наружного освещения архитектурных объектов стеновой тектоники. Методика измерения яркости фасада здания. Критерии различимости элементов фасада здания. Разработка архитектурного освещения фрагмента фасада в программном комплексе Dialux evo.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Светотехнический раздел: видовые планы архитектурного освещения в Dialux Evo. Архитектурный раздел: обмерные чертежи элементов SolidWorks
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ ИШНПТ	Коржнева Т.Г.	К.Т.Н.		24.09.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B81	Трущенко Екатерина Евгеньевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО		
4B81	Трущенко Екатерина Евгеньевна		
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение Школа	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	12.03.02 Оптехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B81	Трущенко Екатерина Евгеньевна		28.02.22

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
4В81		Трущенко Екатерина Евгеньевна	
Школа	Инженерная Школа Новых Производственных Технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.02 Оптотехника

Тема ВКР:

<i>Система архитектурно-художественного освещения объектов деревянного зодчества.</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения	<i>Объект исследования: <u>памятник деревянного зодчества, расположенный по адресу г.г. Томск, пр. Ленина, д. 59.</u></i> <i>Область применения: <u>реконструкция памятников деревянного зодчества.</u></i> <i>Рабочая зона: <u>лаборатория</u></i> <i>Размеры помещения: <u>34,4 м².</u></i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: <u>13 персональных компьютеров, оборудование для проведения лабораторных работ, включающее фотометр, оптическую скамью, лабораторный штатив, лампу накаливания с коллиматором, блок питания, регистрирующий цифровой прибор, лазер.</u></i> <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: <u>работа за персональным компьютером.</u></i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</i> <i>"Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 22.11.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.11.2021)</i> <i>ГОСТ ИСО 11064-4-2015 Эргономическое проектирование центров управления. Часть 4. Расположение и размеры рабочих мест</i>
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные производственные факторы: 1. Отсутствие или недостаток искусственного и естественного освещения 2. Отклонение показателей микроклимата 3. Повышенная пульсация светового потока 4. Прямая и отраженная блескость Опасные производственные факторы: 1. Электрический ток 2. Повышенным образование электростатических зарядов 3. Пожарная опасность Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: 1. Использование матовых покрытий отражающих поверхностей 2. Средства защиты глаз и лица (защитные очки) 3. Перчатки или рукавицы диэлектрические 4. Токопроводящий коврик

3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на селитебную зону: <u>отсутствует</u>
	Воздействие на литосферу: <u>утилизация бумажных справочных материалов</u>
	Воздействие на гидросферу: <u>бытовые стоки</u>
	Воздействие на атмосферу: <u>нагрев атмосферы во время отопительного периода, световое загрязнение</u>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: <u>террористический акт, пожар, обрушение здания.</u>
	Наиболее типичная ЧС: <u>пожар.</u>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
24.01.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			24.01.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4B81	Трущенко Екатерина Евгеньевна		24.01.2022

Реферат выпускной квалификационной работы «Система архитектурно-художественного освещения объектов деревянного зодчества»

Выпускная квалификационная работа объемом 82 страницы содержит 24 таблицы, 5 приложений, список использованных источников из 16 наименований.

Ключевые слова: реконструкция, архитектура, наземное лазерное сканирование, деревянное зодчество, искусственное освещение.

Объектом исследования является памятник деревянного зодчества, расположенный по адресу г. Томск, пр. Ленина, д. 59.

Целью исследования является создание проекта архитектурно-художественного освещения в программном комплексе DIALux evo.

Методы исследования: аналитический, классификация, конкретизация, сравнение, предметное моделирование с последующим измерением и описанием.

Полученные результаты и новизна: проведение цикла изыскательных работ по получению облака точек с последующим построением математической модели и созданием проекта архитектурного освещения.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики

Рекомендации по внедрению результатов работы: размещение световых приборов на фасаде памятника архитектуры должно быть согласовано.

Область применения: реконструкция и реставрация памятников деревянного зодчества, создание акцента на уникальности архитектуры Томска.

Значимость работы: реконструкция и создание архитектурного освещения способствует развитию туристических маршрутов по Томску.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования: перед монтажом оборудования необходимо провести реконструкцию фасадной части здания.

Оглавление

Введение	13
Объект и методы исследования	15
Глава 1. Технология наземного лазерного сканирования для создания трехмерных моделей зданий	16
1.1 Принципы и технологии	16
1.2 Методы и программное обеспечение для обработки результатов наземного лазерного сканирования	20
Глава 2. Принципы проектирования наружного архитектурного освещения	28
2.1 Стеновая тектоника. Свойства стеновой тектоники	28
2.2 Масштабы восприятия для организации архитектурного освещения	33
2.3 Методика измерения яркости фасада здания	37
Глава 3. Проектирование архитектурного освещения	40
3.1 Проектирование освещения с учетом критериев различимости элементов фасада	40
3.2 Моделирование в DIALux evo	40
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	45
Введение	45
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции и ресурсоэффективности и ресурсосбережения	45
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	45
4.1.2 SWOT-анализ	47
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	49
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	49
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	50
4.3 Бюджет научно-технического исследования	53
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	54

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	54
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	55
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	57
4.3.5 Накладные расходы	58
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной социальной и экономической эффективности исследования	59
Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	62
Глава 5. Социальная ответственность	63
Введение	63
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
5.2 Производственная безопасность	66
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при разработке проектного решения	66
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите сотрудника лаборатории от действия опасных и вредных факторов	69
5.3 Экологическая безопасность	70
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
Выводы по разделу «Социальная ответственность»	72
Заключение	73
Список использованных источников	74
Приложение А	77
Приложение Б	78
Приложение В	79
Приложение Г	80

Введение

Главная особенность Томска – его уникальная деревянная архитектура. Деревянное зодчество Томска отличается большим количеством резных элементов: наличников, фронтонов, карнизов, кронштейнов и т. д. Дерево не является долговечным материалом, что создает риск утратить историческое наследие города. Таким образом, актуален сбор информации о деревянной архитектуре с использованием наземного лазерного сканирования (НЛС). Использование НЛС упростит и ускорит работу архитекторов и проектировщиков при разработке проектов реконструкции памятников архитектуры. Данный метод получения информации является бесконтактным, что исключает риск повреждения объекта сканирования.

Математическая модель, выполненная на основе данных сканирования, используется для получения обмерных чертежей фасада и его отдельных элементов, а также для моделирования освещения. Поскольку модель включает все особенности декоративных элементов, она точно отразит влияние освещения на различимость резных деталей.

Томское деревянное зодчество не должно терять своих отличительных черт не только в дневное, но и в темное время суток. Для этого в соответствии с нормативными документами выполняется проект архитектурного освещения. Он должен не только подчеркивать главную особенность архитектуры, резные элементы, но и обеспечивать необходимый контраст и различимость деталей для наблюдателя. Архитектурное освещение пространств камерного масштаба разрабатывается с учетом положения наблюдателя, который находится на расстоянии порядка десяти метров от наблюдаемого объекта. Необходимо избегать создания слепящего действия световых приборов и отраженной блескости на окнах.

Архитектурное освещение должно производить эстетическое воздействие на человека и вызывать у него эмоции благодаря созданному образу. С помощью архитектурно освещения город становится узнаваемым и

привлекательным для туристов. Приемы освещения применяются как для того, чтобы подчеркнуть особенности и красоту здания, так и для скрывания недостатков конструкции и дефектов. Архитектурная подсветка делится на несколько типов. Заливающая подсветка создает равномерную освещенность на всей поверхности фасада. Локальная подсветка выделяет необходимые объекты с помощью направленного потока. Контурная подсветка применяется для четкого обозначения контуров здания с помощью светодиодных лент и прожекторов. Для освещения деревянной архитектуры применяются все виды подсветок, что объясняется большим количеством элементов, нуждающихся в акценте, и необходимостью обозначения более массивных поверхностей: стен и фундамента.

Цель работы – разработка проекта архитектурного освещения объекта деревянного зодчества, расположенного по адресу г. Томск, пр. Ленина, д. 59, с применением технологии наземного лазерного сканирования.

Объект исследования – деревянное зодчество города Томска, предмет исследования – освещение деревянного зодчества.

Разработана концепция архитектурно освещения фасада здания. Исходные данные модели представляют собой несколько облаков точек, полученных с применением технологии НЛС.

Разработанная модель памятника архитектуры может быть использована для реконструкции объекта и замены его поврежденных элементов. Некоторые памятники деревянного зодчества в Томске не имеют архитектурно освещения, что скрывает их от людей в темное время суток, поэтому реализация осветительной системы положительно повлияет на эмоциональное состояние жителей города и позволит подчеркнуть особенности исторической части города.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является памятник деревянного зодчества, расположенный по адресу г. Томск, пр. Ленина, д. 59. Исходными данными служат результаты наземного лазерного сканирования в виде нескольких облаков точек, полученных с четырех станций, расположенных в разных местах. Требуется провести обработку облаков точек с помощью программного комплекса Cyclone, построить математическую модель фасада здания и создать базу элементов здания, необходимую для реконструкции, в программе SolidWorks, создать проект освещения фасада здания в программе DIALux evo. Программный комплекс Cyclone используется для обработки данных, полученных сканерами производства Leica Geosystems, и обладает необходимым функционалом для совмещения облаков точек и удаления шумов. Программа SolidWorks позволяет на основе облака точек создать модель с учетом материала сканируемого объекта. DIALux evo – универсальный программный комплекс, используемый для проектирования освещения и проведения светотехнических расчетов.

Необходимо разработать проект архитектурно-художественного освещения с учетом масштаба восприятия памятника деревянного зодчества и особенностей стеновой тектоники. Для анализа результатов расчета освещения определяется контраст объектов различения, градиент яркости, средняя освещенность фасада.

Глава 1 Технология НЛС для создания трехмерных моделей архитектуры

1.1 Принципы и технологии

На сегодняшний день наземное лазерное сканирование (НЛС) является самым оперативным и производительным методом получения достоверной и полной информации о геометрических параметрах сканируемого объекта. Сложность объекта не влияет на скорость получения данных о нем.

Результат измерений – облако точек, изображенное на рисунке 1.1.1, состоящее из точек, пространственные координаты которых известны. Такое облако точек в дальнейшем можно обрабатывать: изменять масштаб облака, отчищать от шумов, проводить сечения.

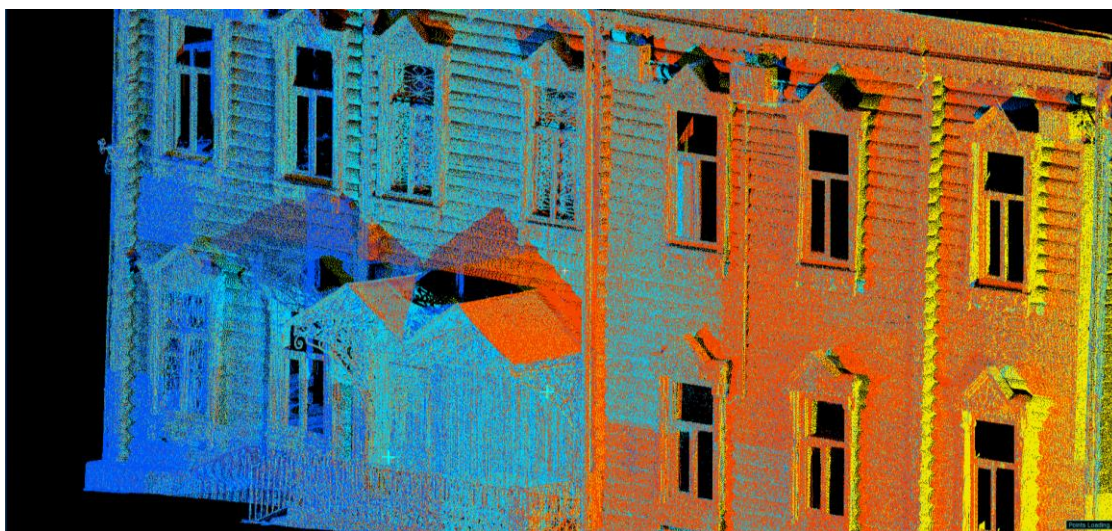


Рисунок 1.1.1 – Результат лазерного сканирования – массив точек

Станция для НЛС включает дальномер, адаптированный для работы с высокой частотой и блока развертки лазерного луча. Принципиальная схема наземной лазерной станции представлена на рисунке 1.1.2. В основе работы станции лежат импульсный и фазовый методы измерения расстояния до точки объекта и метод прямой угловой засечки (триангуляции).

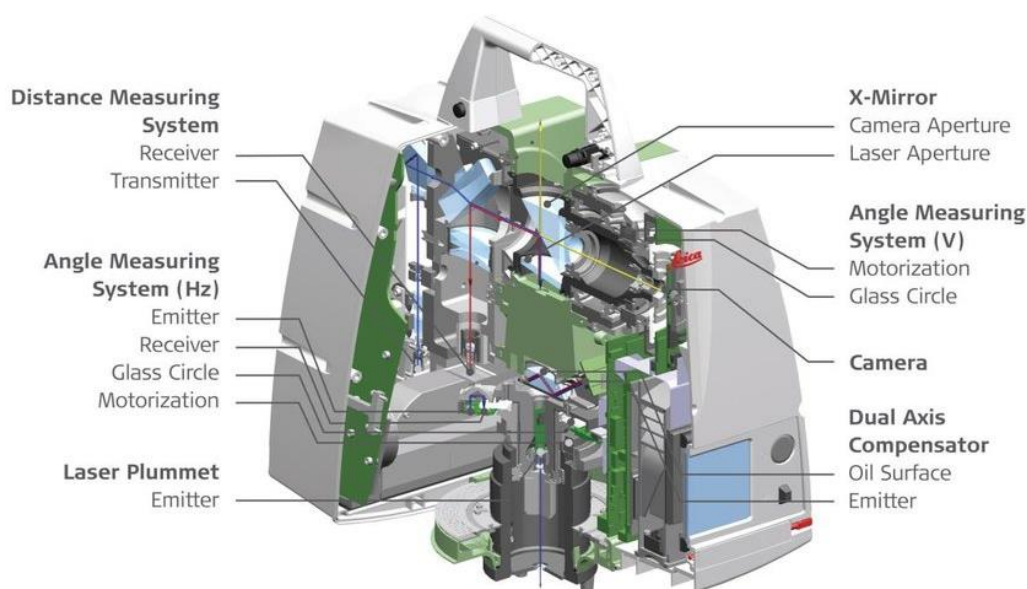


Рисунок 1.1.2 – Схема лазерного сканера Leica C10 TLS [1]

Блоком развертки сканера Leica служит сервопривод и полигональное зеркало. Сервопривод позволяет отклонить луч на необходимый угол в горизонтальной плоскости, а отклонение луча в вертикальной плоскости обеспечивается вращением или качанием зеркала. В процессе сканирования фиксируются направление сканирующего луча и расстояние до точек объекта. Некоторые станции оснащены приборами для регистрации интенсивности и RGB-составляющей отраженного луча.

Импульсный метод измерения расстояния производится благодаря измерению времени прохождения луча от источника излучения до объекта съемки и обратно. Зная скорость распространения электромагнитных волн и время, можно определить расстояние по формуле:

$$R = \frac{v \cdot t}{2}, \quad (1)$$

где v – скорость распространения электромагнитных волн;

t – время прохождения луча от источника до приемника.

Аппаратная реализация импульсного метода измерения расстояния проста, чем достигается устойчивость и достоверность получаемых данных. Для этого необходимо обеспечить минимальную длительность зондирующего импульса, прямолинейность его распространения, которая может быть нарушена за счет влияния атмосферных факторов. Среди недостатков этого метода

наличие ограничения достижимой точности, разрешающей способности и производительности прибора. Производительность имеет предел, так как каждый последующий импульс может быть направлен на объект только тогда, когда предыдущий отразился от объекта и был зафиксирован приемником.

При измерении расстояния фазовым методом прибором определяется разность фаз сигналов источника и приемника излучения по формуле:

$$R = \frac{\varphi_{2R} \cdot v}{4\pi \cdot f}, \quad (2)$$

где φ_{2R} – разность фаз двух сигналов;

f – частота модуляции;

v – скорость распространения сигнала.

Для установления начала отсчета фазы измерения повторяют на эталонном отрезке, называемом калибровочной линией, внутри прибора. При измерениях фазовым методом существует неопределенность количества волн, на которое отличаются сигналы на источнике и приемнике. Для разрешения неопределенности используется метод плавного изменения частоты, т. е. измерения расстояния проводятся при излучении другой частоте, близкой к исходной. Недостаток этого метода – ограничение в измерении на коротких расстояниях [3].

Лазерные сканеры, работающие на основе принципа триангуляции, используют луч лазера для зондирования объекта. Триангуляция – технология определения расстояния до объекта, которое вычисляется из соотношения сторон треугольника, образованного камерой, лазерным излучателем и точкой на поверхности объекта. Расстояние между камерой и излучателем и угол, под которым на приемник падает отраженный луч, известны. Таким образом, угол отражения может быть интерпретирован как информация о рельефе (рисунок 1.1.3).

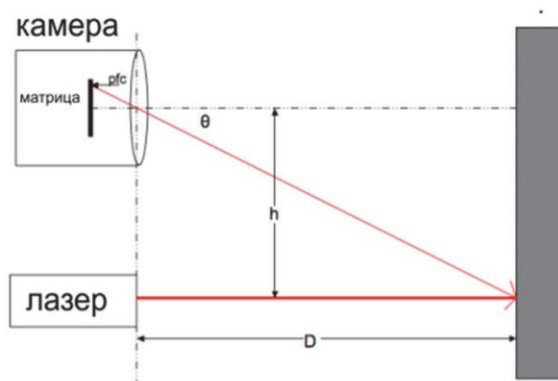


Рисунок 1.1.3 – Принцип работы триангуляционного лазерного дальномера [4]

Лазерный луч, проецируемый на объект в поле зрения камеры, должен быть параллелен оптической оси камеры. Расстояние до точки объекта на рисунке 1.1.3 можно вычислить по формуле:

$$D = \frac{h}{\operatorname{tg} \theta}, \quad (3)$$

где h – известное расстояние между источником и приемником;

θ – угол между отраженным лучом и оптической осью камеры.

Угол может быть определен по формуле [4]:

$$\theta = pfc \cdot rps \cdot ro, \quad (4)$$

где pfc – номер пикселя центра светлой точки от центра изображения;

rps – радиан на пиксель;

ro – компенсация.

На принципе триангуляции основана работа промышленных триангуляционных измерителей расстояния.

Технология НЛС представляет собой простой и точный способ получения данных сканируемых поверхностей за короткое время. Данные, представляющие собой массив точек как объекта съемки, так и объектов его окружения, поэтому нуждаются в дальнейшей обработке специализированным программным обеспечением.

1.2 Методы и программное обеспечение для обработки результатов наземного лазерного сканирования

Цель проведения сканирования архитектуры – получение обмерных чертежей здания. Порядок работ, выполняемых для этой цели, включает получение данных в виде облаков точек, совмещение нескольких облаков точек, установку системы координат, моделирование, создание обмерных чертежей по модели.

После проведения сканирования объекта и сохранения его данных в виде нескольких массивов точек, полученных с разных станций, проводится их камеральная обработка. На этом этапе проводится подготовка облака точек к обработке, а также составляется техническое заключение и комплект документации по объекту. Определяется точность полученных облаков точек, и производится очистка от шумов.

Съемка объекта проводится с нескольких станций, что позволяет полностью покрыть поверхность объекта и сделать облако более определенным. Для создания единого облака точек результаты сканирования с разных станций объединяются. Совмещение можно проводить при помощи опорных точек, в качестве которых выступают специальные призмы, светоотражающие маркеры. Затем единое облако точек интерпретируется с использованием таких программ по постобработке облака точек, как Cyclone от Leica Geosystems, AutoCAD, MicroStation, Rhinoceros и другие.

Трансформирование координат – следующий этап обработки данных НЛС, необходимый для точного позиционирования в пространстве будущей модели и чертежа. Для всех полученных облаков точек задается единая система координат для корректного их совмещения в дальнейшем. Каждое облако точек имеет свою собственную систему координат, начало отсчета которой находится в центре измерительной головки лазерного сканера. Для связи координат нескольких облаков точек, полученных с разных станций, выбирается единая система координат.

Следующим этапом обработки данных, полученных НЛС, является создание ортофотопланов или двухмерных обмерных чертежей. Ортофотоплан — это проекция точной трехмерной модели объекта на выбранную плоскость. Перед созданием обмерных чертежей проводится моделирование по облаку точек. Определяется среднее положение главных плоскостей, характеризующих объект, и конфигурация более мелких деталей, проработка которых является целью НЛС. Также поверхность объекта может быть создана автоматически посредством использования специализированного программного обеспечения, которое математически строит триангуляционные сетки, огибающие облако точек. Этот метод имеет низкую точность, так как шумы могут быть приняты программой за объект, что снизит достоверность модели. Обмерные чертежи содержат как информацию, полученную из модели, не содержащей дефектов в отличие от реального объекта, так и фотографии объекта сканирования. На чертеже указывается точность проведенных измерений, масштаб модели и необходимые размеры.

Для обработки данных НЛС используются комплексы специализированных программ, обладающих необходимым функционалом. Так как объем измерений составляет от нескольких десятков тысяч до нескольких сотен миллионов точек, основная нагрузка по обработке ложится именно на программное обеспечение [5]. На данный момент существует несколько видов программного обеспечения для обработки результатов НЛС. Программное обеспечение разрабатывается производителем сканирующего оборудования. Фирмы Trimble и Inus Technology разрабатывают программные продукты, способные обработать результаты сканирования приборами других компаний.

Таблица 1.2.1 – Базовое программное обеспечение для обработки данных наземного лазерного сканирования, представленное в России [5]

Название	Рекомендуется для сканера
RiSCAN Pro (RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Австрия)	Для всех сканеров RIEGL Laser Measurement Systems GmbH
Cyclone (Leica Geosystems, Швейцария)	HDS ScanStation, HDS6000, HDS2500, HDS3000, HDS4500, возможно импортирование данных любых систем
PolyWorks (Innovmetric, Канада)	Для любого сканера средней и большой дальности
3D-Extractor (Callidus, Германия)	Callidus
LMS Software (Callidus, Германия)	Callidus
RealWorks Survey (Trimble, США)	Для любого сканера
PointScape (Trimble, США)	Trimble GX, GS101, GS200
3Dipsos (Trimble, США)	Для любого сканера
RapidForm (Inus Technology, Япония)	Для любого сканера

Программа RiSCAN Pro используется для обработки данных, полученных сканирующими системами RIEGL. Данные после съемки автоматически организуются и сохраняются в проект программы RiSCAN Pro. Данные проекта содержат само облако точек объекта, информацию о его местоположении, координаты опорных точек для точной привязки нескольких облаков точек, а также цифровые изображения объекта. Особенность этого программного продукта в том, что он имеет широкий функционал и фильтры для предварительной обработки данных. Программа может проводить фильтрацию массива точек от растительности, автоматически создавать триангуляционную сетку объекта с наложением текстур, рассчитывать объем объекта и проводить измерения облака точек, строить сечения как облака точек, так и объекта по ранее созданным триангуляционным сеткам.

Программа RiSCAN Pro ведет съемку с помощью фотокамеры, имеющей высокое разрешение, и способной проводить управление, трансформирование и

калибровку снимков. RiSCAN Pro, как и многие другие, имеет функцию экспорта данных в форматы других программ.

PolyWorks – ПО, созданное компанией InnovMetric и используемое для обработки результатов лазерного сканирования: обратного инжиниринга, контроля геометрических параметров изделий, задач архитектуры, мониторинга деформаций земной поверхности и многих других [5]. Программа позволяет обрабатывать большие объемы данных. PolyWorks, как и другие программы для обработки облаков точек, включает в себя несколько модулей с необходимым набором инструментов. Пользователи программы могут создать на основе облака точек поверхность и проанализировать её.

PolyWorks способна создавать математические примитивы: окружности, прямые, плоскости, цилиндры из облаков точек. Созданные модели обладают высокой воспроизводимостью и точностью. Программный комплекс работает не только с единичными моделями, но и с их сборками. В автоматическом режиме может быть проведен анализ собираемости компонентов посредством совмещения данных сканирования с CAD. Результат анализа – обнаружение столкновений, пересечений поверхностей, контроль дистанции между объектами. При проведении серийных измерений PolyWorks позволяет сравнивать облака точек между собой. В результате отображается карта цветов, характеризующая дисперсию облака точек, максимальную ошибку, стандартное отклонение и среднеквадратичную ошибку.

Программа RealWorks Survey предназначена для обработки облаков точек: сшивания данных, редактирования точечной модели, включающей разрежение и очистку, и создания математической модели на основе данных. Пользователю необходимо выбрать один из доступных методов сшивки. Перед проведением сканирования крупных объектов в поле работы сканера размещаются марки, активно отражающие излучение. По их положению проводится совмещение нескольких облаков точек. При отсутствии марок облака совмещаются по характерным объектам, чаще всего в их роли выступают вертикальные и горизонтальные плоскости. Существует два метода, не

требующих совмещения данных человеком: геопривязка и автоматическая подгонка. При использовании первого метода данные положения сканера сохраняются, и в дальнейшем по ним совмещаются облака точек, во втором методе совмещение проводится программным методом, при котором алгоритм находит оптимальное положение облаков точек, при котором расстояние между точками минимально.

Программа Cyclone была разработана специально для работы со сканерами Leica Geosystems, она позволяет быстро и качественно обрабатывать результаты НЛС. Сканер во время съемки управляется автоматически. Сканеры от Leica Geosystems могут выделять область сканирования, чтобы снять именно ее характеристики, не затрагивая другие объекты.

Cyclone, как и RiSCAN Pro может не только сводить отдельные массивы точек в один по специальным маркерам и характерным элементам, но и автоматически описывать поверхности, образованные средним положением точек, и создавать на их месте криволинейные поверхности и сечения. Данное программное обеспечение имеет функцию автоматического профилирования дорог, сравнения облака точек и созданной модели, калибровки и контроля состояния меняющихся объектов. Также Cyclone может экспортировать объекты в САПР и обратно.

Исходными данными для построения модели фасада здания являются несколько облаков точек, полученных станцией Leica Geosystems с разных точек наблюдения. Первичная обработка данных проведена в программе Cyclone, которая обладает необходимым функционалом. Поскольку на объекте сканирования не были размещены маркеры, сшивание облаков точек производилось по наиболее характерным элементам облака: плоскости земли, окружностям столбов, стенам. Точность совмещения составляет 10 мм, что является достаточным для достоверного моделирования памятника деревянного зодчества. Далее в процессе избавления от шумов были удалены все точки, не относящиеся к объекту исследования, включая точки, расположенные внутри здания из-за проникновения через окна. Для моделирования из облака точек

были вырезаны небольшие массивы точек, относящиеся к неповрежденным элементам фасада (рисунок 1.2.1). Особенно важно выбрать элементы без дефектов для создания идеальной модели, которая в будущем может быть использована для реконструкции.

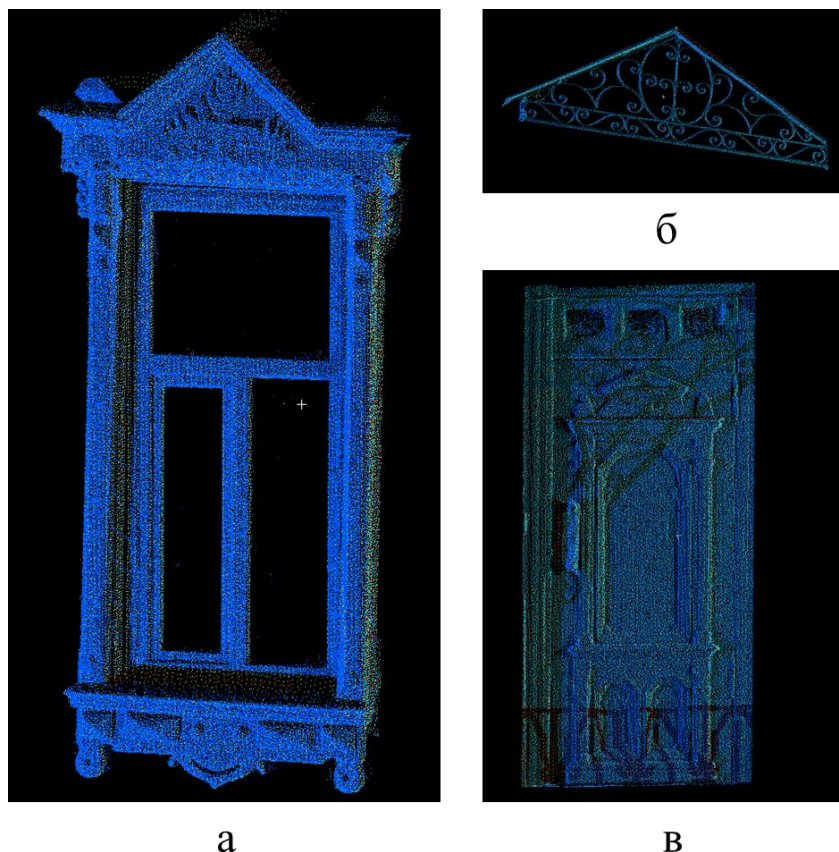


Рисунок 1.2.1 – Облако точек а – наличника, б – кованого элемента козырька, в – двери

Для корректного моделирования на облака точек были помещены вертикальные плоскости, характеризующие ориентацию будущей модели в пространстве, а также масштаб. При выполнении сборочной единицы неверное положение детали может быть исправлено путем наложения дополнительных сопряжений, но масштаб остается фиксированным.

Моделирование производилось в программе SolidWorks. Программа ScanTo3D в пакете SolidWorks способна обрабатывать данные формата xyz, то есть точечные массивы. Большинство деталей является совокупностью плоских элементов. Для создания детали очерчивался профиль облака точек по месту наибольшей концентрации точек и выдавливался на необходимую глубину.

Результатом моделирования по облакам точек является база элементов (рисунок 1.2.2, 1.2.3), при наличии чертежей которых (Приложение В) становится возможным изготовление деревянных деталей и замена ими поврежденных элементов. При наличии элементной базы для всех памятников деревянного зодчества города Томска становится возможным их восстановление и реконструкция. НЛС при этом может выступать методом контроля состояния объекта.



Рисунок 1.2.2 – Фотография наличника, его облако точек и трехмерная модель, построенная в программе SolidWorks

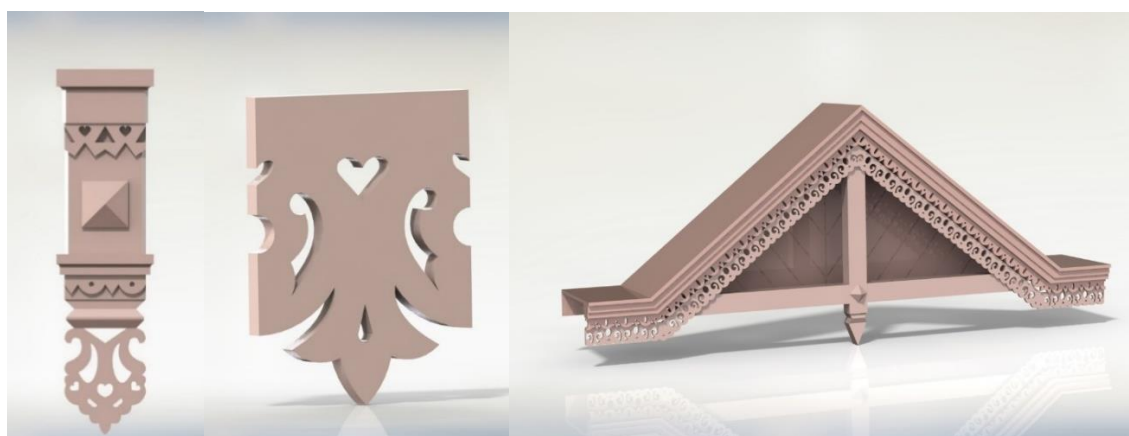


Рисунок 1.2.3 – Элементная база

Создание сборочной модели – последний этап моделирования, при котором составляющие элементной базы совмещаются между собой при помощи наложения зависимостей и сопряжений. Детали сборочной единицы не должны

иметь степеней свободы для точного их позиционирования. Создание сборки, изображенной на рисунке 1.2.4, проводилось в программе Autodesk Inventor Professional, поскольку эта программа не отображает исходные облака точек, от чего возрастает производительность компьютера.



Рисунок 1.2.4 – Сборочная модель фрагмента фасада.

Полученная модель содержит информацию о геометрических параметрах и положении элементов, этого достаточно для проведения работ по реконструкции и контролю состояния фасада.

Глава 2 Принципы проектирования наружного архитектурного освещения

2.1 Стеновая тектоника. Свойства стеновой тектоники

Тектоника – конструктивное строение архитектурного сооружения, использованное в художественных целях. В основе тектоники лежит соблюдение законов механики, обеспечивающих устойчивость конструкции, а также правила построения архитектурной композиции.

Образ здания или сооружение может вызвать у человека ощущение тяжести, массивности или, наоборот, легкости в зависимости от размеров, здания, материала фасада. Это прослеживается при анализе стеновой тектоники деревянного зодчества. Простота и лаконичность общих форм фасадов сочетается со сложностью стеновой тектоники. Разнообразная по форме и сложности исполнения резьба является неотъемлемой частью деревянной архитектуры города Томска.

Первым материалом для создания стеновой тектоники стали бревна. Они служат основой для размещаемых на них декоративных элементов. Обрамление оконных проемов, наличники, ставни, фронтоны создают единый художественный образ, являясь самостоятельными тектоническими элементами. Для деревянной архитектуры Томска характерны стены в виде рубленной бревенчатой конструкции.

Через взаимосвязи между материалом, конструкцией и формой тектоника отражается организация материала в конструктивных элементах и форме; логика конструктивного взаимодействия элементов структуры; конструктивные качества формы (прочность, жёсткость, устойчивость, надёжность, эффективность); характер действующих нагрузок и распределение усилий; технологические особенности конструкций; характеристики формы (целостность, упорядоченность, пластичность, масштабность и др.). Элементами информативности формы тектоники являются типологическая характеристика, ассоциативность; образность формы; композиционно-масштабный строй

формы; пластика формы; визуальное акцентирование в подаче главного, типичного в форме; визуальное нивелирование в разработке частного несущественного; цвет материала, его происхождение и функция; фактура и текстура материала.

Информативность формы тектоники зависит от функции, конструктивных особенностей здания, сложности объекта тектоники, условий восприятия объекта. Чем шире обзор формы объекта, тем она информативнее для человека и тем больше целостно восприятие всего архитектурного ансамбля.

При рассмотрении архитектурной формы в качестве информационной системы нужно учитывать, что она должна создаваться в соответствии с условиями эстетического восприятия, должна быть целостной, и иметь полностью определенную форму с точки зрения эстетического восприятия. Эстетическое воздействие тектоники зависит от критериев прочности объекта, его безопасности, долговечности, удобства, комфорта как самого здания, так и пространства вокруг него в целом. Степень информативности формы может быть оценена количественно и качественно, а также обладать различными свойствами (таблица 2.1.1).

Таблица 2.1.1 – Информативность архитектурной формы

Степень информативности		Свойства информативности
количественная	качественная	
положительная	избыточная	чрезмерная определенность
	достаточная	умеренность, рациональность, целесообразность
	недостаточная	неполнота
нулевая	неинформативная	неопределенность
отрицательная	дезинформативная	фальшивость, косметичность

Архитектурное формообразование является процессом эстетической организация воспринимаемых элементов формы тектоники, содержащую информацию о множестве образов элементов.

Язык тектоники – это совокупность средств, приёмов и элементов информативности архитектурных форм, наглядная образно-ассоциативная форма выражения, обобщения и обработки визуальной информации о значимых физических и функциональных свойствах объекта архитектуры.

Язык тектоники архитектурной формы включает в визуальный образ-знак и его смысл, которые после восприятия человеком порождают эмоциональный отклик и эстетическую оценку, как показатель целесообразности формы.

Образы-знаки языка тектоники – это первичные элементы тектоники, на которых все основано. Они образуют цепочки и блоки знаков, которые собираются в совокупность художественно-выразительных средств и соответствующих им смысловых и эмоциональных значений. Блоки образов-знаков должны подчиняться главному правилу тектоники: целесообразности применения того или иного средства, приёма и элемента информативности архитектурной формы для создания гармоничной композиции.

Основными особенностями стены как тектонической системы являются устойчивость, прочность и однородность (монолитность). Конструкция стены работает на создание зрительного эффекта устойчивости. Градация размеров каменных блоков в кладке или бревен в срубе избирается таким образом, чтобы величина элемента росла книзу в соответствии с растущим напряжением. Если несущий массив стены составляет кирпич или бетон, образ устойчивости создается декоративными элементами и членениями.

Свойства материалов и характер их соединений между собой должны обеспечивать прочность и создавать зрительный эффект прочности объекта. Деревянное зодчество наглядно показывает конструкцию врубки, искусство каменной кладки – качество тески, подгонки и филировки камней и каменных глыб, кирпичная и бетонная стены, благодаря технологии строительства, демонстрируют превращение материала в форму объекта. Членение стены, как правило, совпадает с внутренними членениями здания.

Организация проемов составляет монолитность и образ монолитности. Дверные и оконные проемы могут ослаблять несущую способность стены. Во

избежание этого над проемом кладется специальная перемычка, воспринимающая нагрузку от массива стены, также усиливаются вертикальные торцы проема. Подобным образом укрепляются и оконные проемы. Таким образом, исторически стена, имея ограниченные по размеру проемы, является монолитом. Завершение стены соответствует внутреннему пространству по его высоте, что также подчеркивает однородность объекта как реальную, так и визуальную [6].

При наличии на поверхности стены теней от объектов, схожих с ней по масштабу, например, тени зданий, деревьев, фонарей, стена воспринимается, как более устойчивый объект. Создается впечатление надежности крепления объекта в неизменно вертикальном положении, тени других объектов визуально приземляют стену. Более того, если тень на стене находится снизу, то это дополнительно утяжеляет низ объекта и усиливает визуальную устойчивость.

Наиболее прочной стеновая тектоника будет восприниматься при равномерном солнечном освещении. Наблюдатель способен при таких условиях оценить свойства материала стены и ее текстуру. Если стеновая тектоника имеет сложную структуру и многочисленные рельефные элементы, то архитектура воспринимается иначе: при диффузном освещении в пасмурный день здание будет восприниматься более прочным, чем при прямом солнечном свете. Тени на фасаде создают динамические пятна, которые создают членения, уменьшающие визуальную прочность.

Рассеянное освещение, при котором отсутствуют ярко выраженные тени от рельефа объекта, положительно влияет на создание впечатления однородности объекта.

При освещении стеновой тектоники создается образ фасада, повторяющий расположение световых пятен днем, либо иной образ, контрастирующий с результатом освещения естественным светом. Направление силы света влияет на восприятие тектоники объекта. Предпочтительнее направлять поток световых приборов сверху вниз, так как в этом случае тени, расположенные под выступающим рельефом будут иметь сходство с тенями от

солнца, и, таким образом для наблюдателя световая среда будет комфортной за счет наблюдения ранее знакомых объектов. Полученный градиент освещенности создает впечатление однородности и прочности освещаемого объекта. Поверхность стены воспринимается наблюдателем как более тектоничная, то есть имеющая однозначно определяемые параметры объектов, при диффузном заливающим освещении, в том числе и естественном. Тектоника стены будет восприниматься более сложной при наличии ритмичных световых пятен, например, от прожекторов, расположенных на таком расстоянии, при котором их кривые силы света (КСС) перекрываются не полностью.

На восприятие прочности, устойчивости и однородности влияет не только направление силы света и тип освещения, но и вид светового рисунка, создаваемого источниками света. Стеновая тектоника деревянной архитектуры отличается наличием резных деталей, сосредоточенных в определенных частях фасада, поэтому равномерное заливающее освещение не позволит подчеркнуть эту особенность. Некоторые детали, например, наличники освещаются дополнительно, что создает некоторый световой рисунок на стене. Узкие световые пятна с резкими границами, имеющие между собой большое пространство тени, создают наиболее устойчивый и прочный ритмический рисунок. Однородность достигается созданием более крупных световых пятен с размытыми границами.

Градиентная заливка стены может отличаться по глубине градиента и отношению максимальной и минимальной освещенности стены. Стена с плавным перепадом от максимальной освещенности к минимальной будет восприниматься более однородной и прочной.

Здание, моделирование которого проводилось, имеет стеновую тектонику с бревенчатой структурой. При равномерном ее освещении в любом случае будет возникать контраст между областью тени и освещенной частью каждого бревна. При создании подобного эффекта на декоративных элементах наблюдатель будет испытывать зрительный дискомфорт из-за наличия большого количества контрастных элементов небольшого масштаба. При этом будет отсутствовать

однородность и устойчивость объекта. Поэтому необходимо создать плавный градиент освещенности с направлением силы света сверху вниз, так как при таком освещении декор под карнизом будет различим, и фасад здания будет обладать тектоничностью.

2.2 Масштабы восприятия для организации архитектурного освещения

В городской среде должна формироваться система световых ансамблей и доминант с учетом того, что положение наблюдателя для разных объектов отличается и может меняться в зависимости от времени. Существует три категории масштаба восприятия: ландшафтный, ансамблевый, камерный.

Ландшафтный масштаб восприятия характерен для больших пространств, которые могут быть охвачены взглядом наблюдателя с возвышения: город, район, прибрежная акватория. Ландшафтный масштаб отличается глубиной наблюдаемой композиции, световыми перспективами магистралей и наличием общих силуэтных очертаний. Предпочтительно создавать крупные световые членения, с читаемыми световыми доминантами. Важно организовать пространство для адаптации глаза и смягчить переходы от темных участков к светлым. Светопанорама города Томска представлена на рисунке 2.2.1.

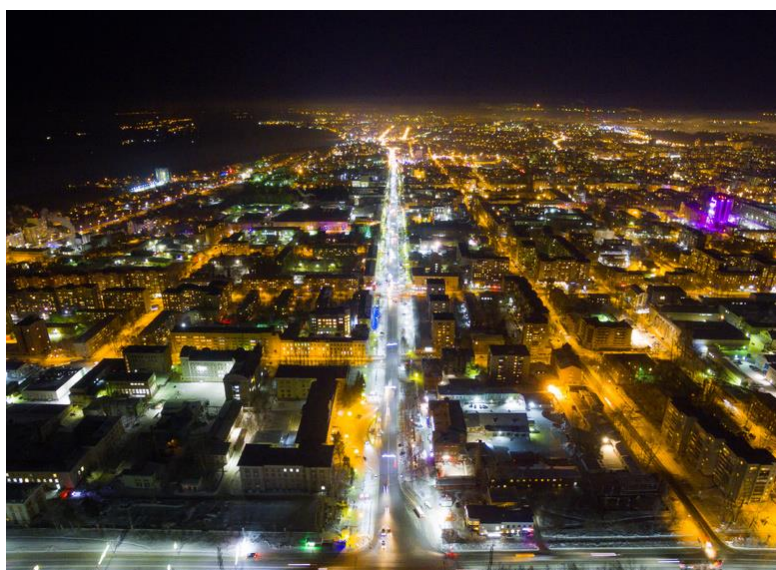


Рисунок 2.2.1 – Светопанорама Томска с высоко расположенной точки наблюдения [7]

Ландшафтный масштаб восприятия должен учитываться на этапе разработки генплана города, где будет описано световое зонирование. Благодаря организации освещения крупномасштабных форм у жителей сформируется образ вечернего города, и появятся световые ориентиры.

Ансамблевый масштаб является промежуточным между ландшафтным и камерным. Для него характерно восприятие наблюдателем ансамбля со средней дистанции (100-500 м) и с небольшой скоростью передвижения. Человек с такого расстояния может оценить объемно-пространственные характеристики объекта, распределение акцентов.

Целесообразно создание световых доминант, составляющих основную массу композиции, и световых акцентов, обеспечивающих засветку фоновой застройки. Должна быть обеспечена определенность форм объекта, выделение входных зон. От ландшафтного масштаба ансамблевый отличается более детальной проработкой конкретных образных решений, а как же необходимо прогнозировать положение наблюдателя, а соответственно и вид с разных точек зрения. Световой ансамбль на примере освещения Кремля показан на рисунке 2.2.2.

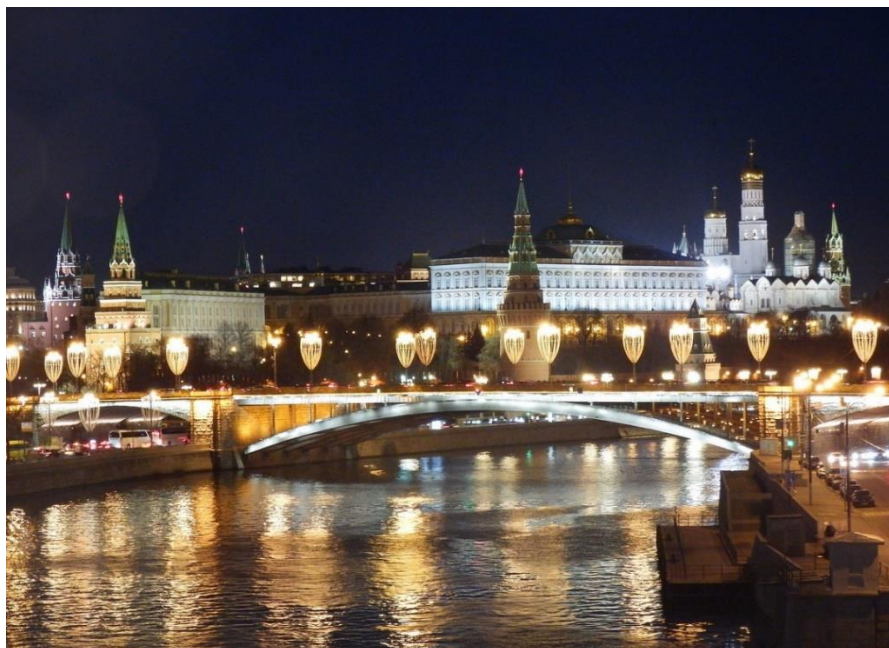


Рисунок 2.2.2 – Световой ансамбль Кремля [8]

Камерный масштаб – масштаб восприятия человеком объекта, расположенного на соизмеримом с ним расстоянии в окружении среды, тесно

взаимодействующей с объектом наблюдения. Поле зрения наблюдателя приходится на ближнюю зону, включающую фасадные поверхности, на которых расположены фрагменты и детали, различимые глазом. Для камерного масштаба характерно наличие акцента на деталях, которые не могут быть различимы в ансамблевом масштабе. Наблюдатель не может оценить общую конструкцию здания и ее взаимодействие с окружающими объектами, так как внимание сосредоточено на световых акцентах на мелких деталях. Примером камерного масштаба восприятия является восприятие наблюдателем архитектуры главного корпуса Томского Государственного университета с расстояния порядка 50 м (рисунок 2.2.3). При таких условиях наблюдения в поле зрения не входят другие здания и не создают излишней засветки на фасаде корпуса.



Рисунок 2.2.3 – Освещение фасада главного корпуса Томского
Государственного университета [9]

Наблюдение фасада здания по адресу проспект Ленина, д. 59, географическое положение которого показано на рисунке 2.2.4, является примером камерного масштаба, так как наблюдателю доступен обзор фасада и малой части неба, контрастирующего с ним по яркости, и при приближении наблюдателя различимость деталей меняется, они становятся более контрастными и четкими. Стеновая тектоника при этом разбивается на более мелкие элементы из-за бревенчатой структуры стен.



Рисунок 2.2.4 – Местоположение объекта исследования и наблюдателя:

1 – объект, 2 – наблюдатель

Обзору наблюдателя доступен только фасад здания, при этом резной шпиль и крыша остаются все поля его зрения, поэтому проект освещения создается именно для фасадной части.

В светлое время суток объект отличается равномерным диффузно рассеянным освещением фасада (рисунок 2.2.5). Резные элементы выделяются на темном фоне только за счет своего цвета. Часть фасада, освещенная солнцем, отличается наличием резких теней от наличников и крыши, поэтому отсутствует однородность, являющаяся целью организации архитектурно освещения. На данный момент для фасада здания не организована качественная система освещения, от чего здание не привлекает к себе внимания и выглядит блекло.

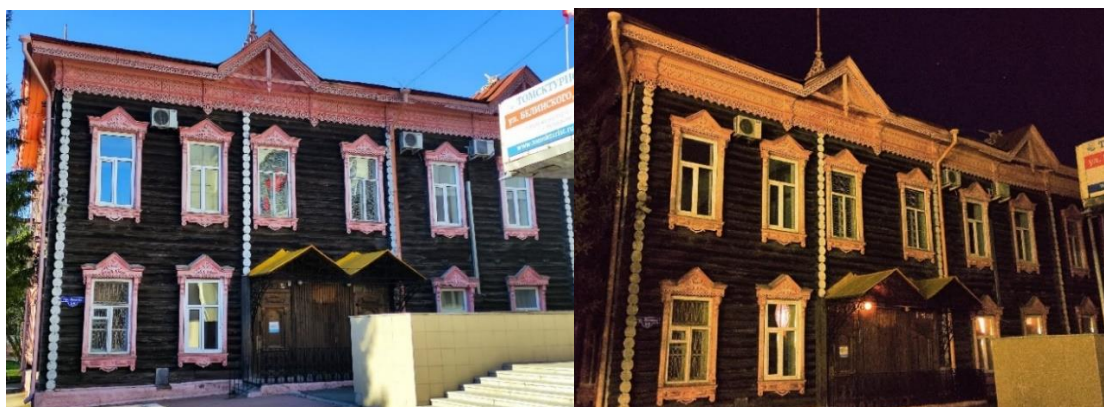


Рисунок 2.2.5 – Внешний вид здания в светлое и темное время суток с точки наблюдения, указанной на рисунке 2.2.4

Угловая часть фасада закрыта еловыми насаждениями, которые в темное время суток создают тени как на земле, так и на фасаде. Тени на стенах от объектов схожего масштаба создают впечатление устойчивости стеновой конструкции, но не создают впечатления прочности и однородности из-за дробления поверхности. На фасад здания падает рассеянный свет от расположенных поблизости уличных фонарей с низкой цветовой температурой излучения. Цветопередача таких источников света низкая, поэтому воспринимаемый объект меняет цвет. Так как уличные фонари расположены слишком далеко от фасада, наблюдателем не могут быть различены резные детали, которые являются главной особенностью здания. Более того детали карниза тоже различить невозможно ввиду того, что световой поток от фонарей не распространяется в этом направлении с необходимой интенсивностью.

2.3 Методика измерения яркости фасада здания

При неравномерном заливающим освещении фасада соотношение максимальной и минимальной освещенности в пределах освещаемой зоны принимается не менее 10:1 и не более 30:1, при этом максимальная освещенность создается на акцентрируемом светом элементе [10].

Высокая локальная яркость элементов фасада ухудшает впечатление от него, потому что отсутствует цельность воспринимаемых декоративных элементов, некоторые из которых будут пересвечены. В светлое время суток декор выглядит мягким, сдержанным. Такое же впечатление он должен создавать и при искусственном освещении. Этого нельзя достичь, используя прожекторы. Если яркость, создаваемая световым прибором, слишком велика, на глаз человека оказывается слепящее действие, мелкие детали декора становятся неразличимы. Поэтому прожекторное освещение не предпочтительно использовать применительно к объектам деревянного зодчества.

Рекомендуется использовать светильники с разрядными и светодиодными источниками света при освещении архитектуры. Следует

применять источники света с цветовой температурой выше 4000 К для освещения объектов, имеющих "холодные" цветовые оттенки поверхностей, а для объектов «теплых» цветов с цветовой температурой до 3500 К. [10].

Источники света следует располагать так, чтобы их выходные отверстия не могли оказаться в поле центрального зрения и в главных направлениях движения водителей и пешеходов, следовательно, не слепили их, и экранировались светозащитными устройствами.

Для измерения яркости используют яркомеры с измерительными преобразователями излучения с погрешностью средства измерения не более 10%.

Существует два метода измерения яркости: прямой и косвенный. Первый основан на использовании яркомеров с отчетом показаний в кд/м². Снятые показания усредняются.

Диапазон линейности световой характеристики яркомера определяется минимально и максимально возможным показанием прибора с погрешностью, указанной в паспорте прибора. Порог чувствительности высокочувствительных яркомеров составляет 10⁻⁶ кд/м², это значение соответствует минимально возможной измеренной яркости. Наибольшее значение яркости составляет 10 кд/м² [11].

Среднюю яркость рабочей поверхности, кд/м², рассчитывают усреднением яркости отдельных элементов поверхности по формуле:

$$\bar{L} = \frac{(\sum_{i=1}^n L_i)}{n}, \quad (5)$$

где L_i – яркость i -й элементарной площадки рабочей поверхности, кд/м²;

i – порядковый номер элементарной площадки рабочей поверхности;

n – число элементарных площадок рабочей поверхности.

Существует прямой метод измерения яркости по изображению. При измерении этим методом используют яркомеры на основе ПЗС-матриц. Благодаря этому методу можно получить подробное распределение яркости по полю зрения. При этом детальность изображения улучшается в 100-1000 раз, и появляется возможность измерения яркости отдельных деталей.

Косвенным методом измерения яркости – метод, при котором измеряется освещенность отдельных элементарных площадок, усредняется и пересчитывается для вычисления яркости. Он используется для измерения яркости дорожного покрытия и фасадов зданий [11].

$$\bar{L} = K \frac{(\sum_{i=1}^{i=n} E_i)}{n}, \quad (6)$$

где E_i – освещенность i -й элементарной площадки поверхности, лк;

K – коэффициент пересчета;

n – число элементарных площадок рабочей поверхности.

Коэффициент пересчета определяется по формуле

$$K = \rho / \pi, \quad (7)$$

где ρ – коэффициент отражения рабочей поверхности;

$\pi = 3,14$.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития проекта и оценить его финансовую и коммерческую ценность, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность характеризуется востребованностью итогового продукта на рынке, его стоимостью и бюджетом научного исследования, а также временем, необходимым на разработку.

В данном разделе планируется выполнить следующие задачи:

- Оценить коммерческого потенциал проекта;
- Составить план научно-исследовательской работы;
- Расчитать бюджет научно-исследовательской работы;
- Определить ресурсную, финансовую и бюджетную эффективность работы.

Цель данной ВКР – разработка системы архитектурно-художественного освещения объекта деревянного зодчества, расположенного по адресу г. Томск, пр. Ленина, д. 59, посредством использования технологии наземного лазерного сканирования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены два проекта освещения объектов, построенных на основе данных лазерного сканирования.

- 1) Историко-культурный центр «Дом искусств».
- 2) Коммунальный мост.

Необходимо провести детальный анализ для выявления достоинств и недостатков проектов. В таблице 4.1 представлены результаты сравнения разработанного проекта с ранее созданными проектами по ряду параметров.

Таблица 4.1.1.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,12	5	3	4	0,6	0,36	0,48
2. Качество модели	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
3. Качество облака точек	0,17	5	4	5	0,85	0,68	0,85
4. Простота проекта	0,15	3	5	3	0,45	0,75	0,45
5. Времязатратность	0,13	4	5	3	0,52	0,65	0,39
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена оборудования	0,13	4	4	3	0,52	0,52	0,39
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Итого	1	35	34	32	4,29	4,31	3,98

Расчет конкурентоспособности проводился по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (12)$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Анализ конкурентоспособности показал, что разработанный проект является наиболее актуальным, перспективным, конкурентоспособным.

4.1.2 SWOT-анализ

Был проведен SWOT-анализ разрабатываемого проекта: оценены сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности.

На первом этапе составляется SWOT матрица, в которую вносятся слабые и сильные стороны проекта, возможности и угрозы при его реализации. Матрица представлена в таблице 4.1.2.1.

Таблица 4.1.2.1 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Большой срок службы оборудования	Сл1. Отсутствие бесплатного ПО для работы с облаками точек
С2. Высокий уровень качества освещения	Сл2. Трудоемкость процесса обработки данных
С3. Актуальность информации, использованной для разработки проекта.	Сл3. Высокие требования к точности моделирования
С4. Экологичность конструкции	Сл4. Несоответствие модели реальному объекту
С5. Квалифицированный персонал	Сл5. Вероятность выхода из строя осветительных приборов
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	
В3. Внедрение технологии в область реконструкции	У2. Отсутствие спроса на реализацию подобных проектов
В4. Развитие туристического бизнеса	

На следующем этапе на основании SWOT матрицы составляются интерактивные матрицы возможностей и угроз. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.1.2.2–4.1.2.5.

Таблица 4.1.2.2 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	+	-	+
	B2	-	+	-	-	+
	B3	-	+	-	+	-
	B4	-	+	-	+	-

Таблица 4.1.2.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	0	-
	B2	+	+	+	0	-
	B3	+	+	+	0	-
	B4	-	-	-	0	-

Таблица 4.1.2.4 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	+
	У2	-	+	-	-	-

Таблица 4.1.2.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	+	+	+
	У2	+	+	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговой таблице в приложении Г.

В результате SWOT-анализа выяснили, что преимущества разрабатываемого проекта преобладают над его недостатками. Выявленные недостатки на данный момент не устранены, но в теории имеются возможности их устранения.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование научно-исследовательских работ осуществляется в следующем порядке:

1. определение структуры работ в рамках научного исследования;
2. определение количества исполнителей для каждого вида работ;
3. определение продолжительности работ;
4. построение графика проведения работ.

План работ был разработан на основе метода линейного планирования и управления, в результате которого получаем линейный график выполнения всех видов работ. Их порядок и исполнители для данного проекта, приведены в таблице 4.2.1.1.

Таблица 4.2.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер

Продолжение таблицы 4.2.1.1.

Получение исходных данных	5	Организация мероприятий по сканированию объекта	Научный руководитель
	6	Подготовка облаков точек к обработке	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Обработка полученных данных	Инженер
	8	Создание модели части фасада	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Требуется определить трудоемкость проводимых работ, чтобы в дальнейшем рассчитать стоимость разработки.

Трудоемкость определяется по следующей формуле:

$$t_{\text{ож } i} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5}, \quad (13)$$

где $t_{\text{ож } i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min } i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max } i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом

учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (14)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Формула перевода длительности этапа из рабочих в календарные дни:

$$T_{ki.инж.} = T_{pi} \cdot k_{кал.}, \quad (15)$$

где $T_{ki.инж.}$ – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал.}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.} = \frac{T_{кал.}}{T_{кал.} - T_{вых.} - T_{пр.}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (16)$$

где $T_{кал.}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{вых.}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр.}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.2.2.1.

Таблица 4.2.2.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность ь работ в рабочих днях T_{p_i}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ож\ i}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана- графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения НИР	1	2	3	4	1,8	2,8	2,3	3
3. Обзор научной литературы	-	9	-	12	-	10,2	10,2	15
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Организация мероприятий по сканированию объекта	3	-	4	-	3,4	-	3,4	5
6. Подготовка облаков точек к обработке	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
7. Обработка полученных данных	-	5	-	6	-	5,4	5,4	8
8. Создание модели части фасада	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
9. Оценка правильности полученных результатов	4	5	6	7	4,8	5,8	5,3	8
10. Составление пояснительной записки	-	12	-	15	-	13,2	13,2	20
Итого:	10	44	17	61	12,8	50,8	56	84

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.2.2.2).

Таблица 4.2.2.2 – Диаграмма Ганта

Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ								
			февр			март			апр		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	■								
Календарное планирование выполнения НИР	Исп1	3	■								
	Исп2		■								
Обзор научной литературы	Исп2	15		■							
Выбор методов исследования	Исп2	6			■						
Организация мероприятий по сканированию объекта	Исп2	5			■						
Подготовка облаков точек к обработке	Исп2	6			■						
Обработка полученных данных	Исп2	8				■					
Создание модели части фасада	Исп2	9				■					
Оценка правильности полученных результатов	Исп1	8					■				
	Исп2										
Составление пояснительной записки	Исп2	20						■			

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель),



– Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета проекта учитывались все расходы, связанные с его выполнением. Затраты были разделены на следующие категории:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

В таблице 4.3.1.1 представлены все материальные затраты, понесенные при разработке проекта.

Таблица 4.3.1.1 – Затраты на разработку проекта

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Услуги сканирования объекта	шт.	1	6500	6500
Комплекс канцелярских принадлежностей	шт.	4	340	1200
Картридж для лазерного принтера	шт.	1	3490	3490
Итого:				11190

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Вычислили амортизационные отчисления, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни, затраченные на выполнение проекта.

Таблица 4.3.2.1 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
ПЭВМ	1	3	35	35
МФУ лазерный Brother DCP-L2500DR	1	3	12,7	12,7
Итого	47,7 тыс. руб.			

Норма амортизации рассчитывается по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (17)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t, \quad (18)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; t – время использования, мес.

Рассчитали норму амортизации для ноутбука, с учётом полезного срока использования:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33. \quad (19)$$

Общая сумма амортизационных отчислений:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t = \frac{0,33 \cdot 47700}{12} \cdot 2,8 = 3672,9 \text{ руб.} \quad (20)$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Необходимо рассчитать заработную плату инженера и руководителя, а также расходы по ней.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (21)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, раб. дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата руководителя при шестидневной рабочей неделе:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{60000 \cdot 10,3}{266} = 2323,3 \text{ руб.}, \quad (22)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный оклад работника, руб.; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в году:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, пятидневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, шестидневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (инженер):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{39975 \cdot 11,2}{199} = 2249,8 \text{ руб.} \quad (23)$$

Должностной оклад за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 30769 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 60000 \text{ руб.} \quad (24)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 20500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 39975 \text{ руб.}, \quad (25)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.3.2.2 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	38/5	38/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	266	199

Таблица 4.3.2.3 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	$k_{пр}$	k_{∂}	k_p	$З_{м}, руб$	$З_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	30769	0,3	0,2	1,3	60000	2323,3	12,8	29738,24
Инженер	20500	0,3	0,2	1,3	39975	2249,8	50,8	114289,84
Итого:								144028,08

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 29738,24 = 4460,74 \text{ руб.} \quad (26)$$

– для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 114289,84 = 17143,48 \text{ руб.,} \quad (27)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (29738,24 + 4460,74) = 10259,69 \text{ руб.} \quad (28)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (114289,84 + 17143,48) = 39430 \text{ руб.} \quad (29)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равный 30%.

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4.3.5.1 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
47700	11190	144028,08	21604,22	49689,69	274211,99

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$З_{накл.} = (\text{Сумма статей с 1 по 5}) \cdot k_{пр} = 274211,99 \cdot 0,2 = 54842,4 \text{ руб.} \quad (30)$$

где $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат была составлена калькуляция плановой себестоимости НИ «Система архитектурно-

художественного освещения объектов деревянного зодчества» и двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.3.5.2 – Группировка затрат по статьям

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 2	
Материальные затраты НИР	11190	10148	12155	Пункт 4.2.3.1
Затраты на специальное оборудование	47700	47700	47700	Пункт 4.2.3.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	144028,08	144028,08	144028,08	Пункт 4.2.3.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21604,22	21604,22	21604,22	Пункт 4.2.3.3
Отчисления во внебюджетные фонды	49689,69	49689,69	49689,69	Пункт 4.2.3.4
Накладные расходы	54842,4	54842,4	54842,4	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР	329054,39	328012,39	330019,4	Сумма ст. 1- 6

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Был вычислен интегральный показатель эффективности научного исследования с помощью интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности был рассчитан на основе информации о затратах на три научно-исследовательских проекта.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) Использование лазерного сканирования для создания светотехнического проекта Коммунального моста.

2) Применение трехмерного лазерного сканирования в архитектурно-декоративном освещении историко-культурного центра «Дом искусств»

Интегральный финансовый показатель разработки:

$$I_{\text{фин.р.}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (31)$$

где Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{тек.пр.}} = 329054,39$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 328012,39$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 330019$ руб.

$$I_{\text{фин.р.}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{329054,39}{330019} = 0,997; \quad (32)$$

$$I_{\text{фин.р.}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{\text{исп.1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{328012,39}{330019} = 0,994; \quad (33)$$

$$I_{\text{фин.р.}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{330019}{330019} = 1. \quad (34)$$

Текущий проект не является самым эффективным с точки зрения финансовых показателей. Однако разница показателей составляет тысячные доли, что позволяет также считать текущий проект приемлемым.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{p1}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента (таблица 4.4.1).

Таблица 4.4.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Объект исследования		
		Текущий проект	Исп.1	Исп.2
1. Безопасность при использовании установки	0,15	5	5	5
2. Стабильность работы	0,2	5	4	4
3. Эксплуатационные характеристики	0,2	4	4	4
4. Светотехнические характеристики	0,3	5	3	5
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,8	3,85	4,6

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,8, \quad (35)$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 3,85, \quad (36)$$

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,6. \quad (37)$$

Интегральный показатель эффективности разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p \text{ исп.}i}}{I_{\text{фин.}p}}, \quad (38)$$

$$I_{\text{тек.пр.}} = \frac{4,8}{0,997} = 4,81, \quad (39)$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{3,85}{0,994} = 3,87, \quad (40)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{4,6}{1} = 4,6. \quad (41)$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравниваются между собой, и определяется сравнительная эффективность вариантов исполнения (таблица 4.4.2).

Таблица 4.4.2 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,997	0,994	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	3,85	4,6
Интегральный показатель эффективности	4,81	3,87	4,6
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,8	0,96

Сравнение эффективности вариантов исполнения позволяет сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является текущий проект по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы.

В результате анализа конкурентных технических решений было установлено, что текущий проект освещения является наиболее подходящим и оптимальным по сравнению с другими.

В ходе планирования работ руководителя и инженера был разработан график реализации этапов работ, который позволяет оценивать длительность этапов и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 84 дня; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, составляет 76 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, равно 8 дней.

Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 329054,39 руб.

Результат оценки эффективности ИР позволяет сделать следующие выводы: значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,997, что не характеризует текущий проект как наиболее финансово выгодный по сравнению с аналогами; значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,8, по сравнению с 3,85 и 4,6; значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,81, по сравнению с 3,87 и 4,6, и является наиболее высоким, что означает, что разрабатываемое техническое решение, является наиболее эффективным вариантом исполнения.