Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образование
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт
Строительные конструкции и управляемые системы
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Деордиев
Подпись инициалы, фамилия
«____» _____ 2023 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»
код и наименование специальности

Пассажирский терминал аэропорта г. Иркутск
тема

Пояснительная записка

Руководитель _____ к.т.н. доц. каф. СКиУС Н.И. Лях
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия
Студент _____ Д.Ф. Шишкина
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2023 г.

Продолжение титульного листа **дипломного проекта** по теме
Пассажирский терминал аэропорта г. Иркутск

Консультанты по разделам:

Вариантное проектирование наименование раздела	_____ подпись, дата	Н.И. Лях инициалы, фамилия
Архитектурно-строительный наименование раздела	_____ подпись, дата	Е.М. Сергуничева инициалы, фамилия
Расчетно-конструктивный включая фундаменты наименование раздела	_____ подпись, дата	Н.И.Лях инициалы, фамилия
	_____ подпись, дата	О.М. Преснов инициалы, фамилия
Организация строительства наименование раздела	_____ подпись, дата	В.Н. Шапошников инициалы, фамилия
Технология строительного производства наименование раздела	_____ подпись, дата	В.Н. Шапошников инициалы, фамилия
Экономика строительства наименование раздела	_____ подпись, дата	И.А. Саенко инициалы, фамилия

Нормоконтролер	_____ подпись, дата	Н.И. Лях инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт
Строительные конструкции и управляемые системы
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Деордиев
подпись инициалы, фамилия
«____»_____2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме_____дипломного проекта_____

Красноярск 2023

Студенту Шишкиной Дарье Федоровне
фамилия, имя, отчество

Группа СС17-11 Направление (профиль) 08.05.01
номер код

«Строительство уникальных зданий и сооружений»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы *Пассажирский терминал аэропорта г. Иркутск*

Утверждена приказом по университету № 5954/с от 13.04.2023 г.
Руководитель ВКР Н.И. Лях, к.т.н., доцент каф. СКиУС
инициалы, фамилия должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР

г. Иркутск; снеговой район II; ветровой район III; нормативные документы, устанавливабщие требования для проектирования общественных зданий, литературные источники

Задания по разделам ВКР в виде проекта

Вариантное проектирование *(1 лист)*
Сравнение нескольких вариантов несущих конструкций покрытия

Архитектурно-строительный раздел
Пояснительная записка в соответствии с постановлением №87, теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций, экспликация полов

• *графический материал (2 листа):* фасад, разрез 1-1, разрез 2-2, узел А, план кровли, план этажа, фрагменты плана, 3D-модель здания

Консультант ВКР Е.М. Сергуничева, к.т.н., доцент каф. ПЗиЭН
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Расчетно-конструктивный раздел, включая фундаменты
Проектирование арочной НКП. Выполнение расчетов в ПК SCAD++. Разработка монтажной схемы с обоснованием размерных параметров. Разработка и расчет основных элементов конструкций проектируемого здания. Разработка и расчет узловых соединений

• *графический материал (чертежи КЖ, КМ, КМД, КД)-6 листов:* Схема расположения элементов покрытия, отправочный элемент, узлы, схема расположения элементов каркаса, армирование элементов каркаса.

Консультант ВКР по конструкциям Н.И. Лях, к.т.н., доцент каф.СКиУС
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Фундаменты

Проектирование и технико-экономическое сравнение двух вариантов фундамента: на забивных и буронабивных сваях

• *графический материал (1 лист):* Схема расположения свай, схема расположения ростверков, инженерно-геологический разрез, спецификация элементов фундамента и арматуры

Консультант ВКР по фундаментам О.М. Преснов, к.т.н., доцент каф. АДиГС

(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Технология строительного производства

ТК на монтаж арок покрытия

• *графический материал (1-2 листа):* Схема монтажа. Калькуляция затрат. Монтаж схемы. Календарный график

Консультант ВКР В.Н. Шапошников, к.т.н., доцент каф. СМиТС

(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Организация строительного производства

Стройгенплан на период возведения надземной части объекта

• *графический материал (2 листа):* в соответствии СМУ

Консультант ВКР В.Н. Шапошников, к.т.н., доцент каф. СМиТС

(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Экономика строительства

1) экономическое обоснование строительства пас. терминала аэропорта в г. Иркутск; 2) составление и анализ структуры локального сметного расчета на устройство деревянного покрытия; 3) технико-экономические показатели проекта

Консультант ВКР И.А. Саенко, к.э.н. доцент каф. ПЗиЭН

(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Дополнительные разделы
нет

Минимальное количество листов графического материала – 13-14

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения ВКР

Наименование раздела	Срок выполнения
Вариантное проектирование	20.02.23-09.03.23
Архитектурно-строительный	10.03.23-11.04.23
Расчетно-конструктивный, включая фундаменты	03.04.23-22.05.23
Технология строительного производства	23.05.23-16.06.23
Организация строительного производства	30.05.23-19.06.23
Экономика строительства	09.06.23-20.06.23

Руководитель ВКР _____
(подпись)

Задание принял к исполнению Д.Ф. Шишкина
(подпись, инициалы и фамилия студента)

«_____»_____2023 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Пассажирский терминал аэропорта г. Иркутск» содержит 185 страниц текстового документа, 35 иллюстраций, 33 таблицы, 57 использованных источников, 14 листов графического материала.

КЛЕЕДЕРВЯННЫЕ АРКИ, БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ ЗДАНИЯ, ТЕРМИНАЛ АЭРОПОРТА, УНИКАЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ, РЕШЕТЧАТЫЕ АРКИ

Цель выпускной квалификационной работы – проект пассажирского терминала аэропорта в г. Иркутск с использованием большепролетных клеедеревянных конструкций в качестве покрытия.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- закрепление теоретических знаний, полученных за весь период обучения;
- получение опыта проектирования уникального здания;
- получение возможности самостоятельного принятия и разработки архитектурно-конструктивных решений.

Данная работы включает 7 разделов:

- вариантное проектирование;
- архитектурный раздел;
- конструктивный раздел, включая фундаменты;
- технология организации строительства;
- организация строительного производства;
- экономика строительства.

Актуальность данной работы обусловлена активным развитием международного авиасообщения Иркутска (в том числе с Китаем) и недовольством местных жителей состоянием и расположением существующего аэропорта.

Результатом данной работы является проект пассажирского терминала аэропорта в г. Иркутск, включающий: вариантное проектирование конструктивных решений несущих конструкций покрытия; архитектурно-планировочные решения, учитывающие особенности проектирования аэровокзалов; конструктивный раздел, посвященный разработке деревянных элементов покрытия и комбинированного каркаса из железобетонных и металлических элементов, расчет которых учитывает сейсмическую активность района строительства; раздел фундаментов с проектированием и последующим технико-экономическим сравнением забивных и буронабивных свай; технологическая карта на монтаж покрытия основного сектора; объектный строительный генеральный план на первую очередь (сектор А); локальный сметный расчет на устройство клеедеревянного покрытия.

Дополнительные разделы в данной работе отсутствуют.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 11
1 Вариантное проектирование 12
1.1 Анализ аналогов 12
1.2 Проектирование здания. Выбор покрытия 14
2 Архитектурно-строительный раздел 17
2.1 Описание и обоснование внешнего и внутреннего вида объекта капитального строительства, его пространственной, планировочной и функциональной организации 17
2.2 Обоснование принятых объемно-пространственных и архитектурно-художественных решений, в том числе в части соблюдения предельных параметров разрешенного строительства объекта капитального строительства 18
2.3 Описание и обоснование использованных композиционных приемов при оформлении фасадов и интерьеров объекта капитального строительства 19
2.4 Описание решений по отделке помещений основного, вспомогательного, обслуживающего и технического назначения 20
2.5 Описание архитектурных решений, обеспечивающих естественное освещение помещений с постоянным пребыванием людей 21
2.6 Описание архитектурно-строительных мероприятий, обеспечивающих защиту помещений от шума, вибрации и другого воздействия 21
2.7 Описание решений по светоограждению объекта, обеспечивающих безопасность полета воздушных судов (при необходимости) 21
2.8 Описание решений по декоративно-художественной и цветовой отделке интерьеров 21
2.9 Соблюдение требуемых теплозащитных характеристик ограждающих конструкций 22
3 Конструктивные и объёмно-планировочные решения 24
3.1 Сведения о топографических, инженерно-геологических и климатических условиях земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства 24
3.2 Описание и обоснование конструктивных решений 24
3.3 Расчетная схема здания 26
3.4 Сбор нагрузок 26

3.4.1 Постоянные нагрузки. 27
3.4.2 Кратковременные нагрузки. 27
3.4.3 Особые нагрузки. 32
3.5 Расчет в программном комплексе SCAD++. 34
3.5.1 Задание комбинаций и параметров расчетных сочетаний усилий. 34
3.5.2 Назначение жесткостей сечений. 35
3.5.3 Анализ полученных результатов. 35
3.6 Проектирование деревянного покрытия. Проверка подобранных сечений. 38
3.6.1 Верхний пояс. 39
3.6.2 Нижний пояс. 43
3.6.3 Решетка (стойки и раскосы). 45
3.6.4 Распорки. 46
3.6.5 Прогоны. 47
3.6.6 Связи. 49
3.7 Расчет узлов деревянного покрытия. 51
3.7.1 Опорный узел. 51
3.7.2 Узел крепления на вклеенных стержнях 2 и 3 сегментов арки. 58
3.7.3 Монтажный узел крепления на вклеенных стержнях фрагментов арки (на временных опорах). 64
3.7.4 Узел крепления стоек и раскосов к поясам на нагелях. 67
3.8 Проектирование комбинированного железобетонного и металлического каркаса. 68
3.8.1 Подбор сечений металлических балок. 68
3.8.2 Подбор армирования монолитных колонн и плит. 70
4 Проектирование фундаментов. 76
4.1 Общие сведения. 76
4.2 Исходные данные для проектирования. 76
4.3 Определение глубины заложения ростверка. 78
4.4 Проектирование фундамента из забивных свай. 79
4.4.1 Определение несущей способности сваи. 80
4.4.2 Определение числа свай в фундаменте и эскизное конструирование ростверка. 81
4.4.3 Расчет свайного фундамента по несущей способности грунта основания. 82
4.4.4 Определение осадки свайного фундамента. 85
4.4.5 Выбор сваебойного оборудования. Назначение расчетного отказа. 85
4.4.6 Расчет плиты ростверка на продавливание колонной. 86
4.4.7 Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей. 87
4.5 Проектирование фундамента из буронабивных свай. 87
4.5.1 Определение несущей способности буронабивных свай. 88

4.5.2 Определение числа свай в фундаменте и эскизное конструирование ростверка. ... 89
4.5.3 Расчет свайного фундамента по несущей способности грунта основания. ... 89
4.5.4 Определение осадки свайного фундамента. ... 91
4.5.5 Расчет плиты ростверка на продавливание колонной. ... 91
4.5.6 Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей. ... 91
4.6 Технико-экономическое сравнение вариантов ... 91
4.7 Расчет ростверка на изгиб и подбор сечения арматуры ... 92
5 Технология строительного производства ... 95
5.1 Область применения ... 95
5.2 Общие положения ... 95
5.3 Организация и технология выполнения работ ... 95
5.3.1 Работы подготовительного периода. ... 96
5.3.2 Работы основного периода. ... 97
5.3.3 Заключительные работы. ... 99
5.4 Требования к качеству работ ... 100
5.5 Потребность в материально-технических ресурсах, машинах и технологическом оборудовании, технологической оснастке, инструменте, инвентаре и приспособлении ... 102
5.6 Техника безопасности и охрана труда ... 105
5.7 Технико-экономические показатели ... 108
6 Организация строительного производства ... 109
6.1 Характеристики района по месту расположения объекта капитального строительства и условия строительств ... 109
6.2 Оценка развитости транспортной инфраструктуры ... 110
6.3 Сведения о возможности использования местной рабочей силы при осуществлении строительства ... 110
6.4 Перечень мероприятий по привлечению для осуществления строительства квалифицированных специалистов, в том числе для выполнения работ вахтовым методом ... 111
6.5 Характеристика земельного участка, предоставленного для строительства, обоснование необходимости использования для строительства земельных участков вне земельного участка, предоставляемого для строительства объекта капитального строительства ... 111
6.6 Описание особенности проведения работ в условиях действующих предприятий, в местах расположения подземных коммуникаций, линий электропередачи и связи для объектов производственного назначения ... 112

6.7 Описание особенностей проведения работ в условиях стесненной городской застройки, в местах расположения подземных коммуникаций, линий электропередачи и связи для объектов непроизводственного назначения 112

6.8 Обоснование принятой организационно-технологической схемы, определяющей последовательность возведения зданий и сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, обеспечивающей соблюдение установленных в календарном плане строительства сроков завершения строительства 112

6.9 Перечень видов строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, участок сетей инженерно-технологического обеспечения, подлежит освидетельствованию с составлением соответствующих актов приемки перед производством последующих работ и устройством последующих конструкций 114

6.10 Технологическая последовательность работ при возведении объектов капитального строительства или их отдельных элементов..... 115

6.11 Размещение кранового оборудования на строительной площадке и определение опасных зон..... 123

6.12 Обоснования потребности строительства в кадрах, основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах, в топливе и горюче-смазочных материалах, а также в электроэнергии, паре, воде, временных зданиях и сооружениях 124

6.12.1 Потребность в трудовых ресурсах. 124

6.12.2 Потребность во временных зданиях и сооружениях..... 124

6.12.3 Электроснабжение строительной площадки..... 125

6.12.4 Водоснабжение строительной площадки. 127

6.12.5 Обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов, конструкций, оборудования, укрупненных модулей и стендов для их сборки. Решения по перемещению тяжеловесного негабаритного оборудования, укрупненных модулей и строительных конструкций..... 130

6.13 Предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ, а также поставляемых на площадку и монтируемых оборудования, конструкций и материалов..... 131

6.14 Перечень требований, которые должны быть учтены в рабочей документации, разрабатываемой на основании проектной документации, в связи с принятыми методами возведения строительных конструкций и монтажа оборудования..... 133

6.15 Обоснование потребности в жилье и социально-бытовом обслуживании персонала, участвующего в строительстве 134

6.16 Перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда 134
6.17 Описание проектных решений и мероприятий по охране окружающей среды в период строительства 140
6.18 Обоснование принятой продолжительности строительства объекта капитального строительства и его отдельных этапов 142
6.19 Перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от строящегося объекта, земляные, строительные, монтажные и иные работы на котором могут повлиять на техническое состояние и надежность таких зданий и сооружений 143
7 Экономика строительства 145
7.1 Социально-экономическое обоснование 145
7.2 Составление и анализ структуры локального сметного расчета на устройство деревянного купола 148
7.3 Технико-экономические показатели 150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 153
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 155
ПРИЛОЖЕНИЕ А 161
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 166
ПРИЛОЖЕНИЕ В 167
ПРИЛОЖЕНИЕ Г ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
ПРИЛОЖЕНИЕ Д ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ВВЕДЕНИЕ

Иркутск — крупный город в Восточной Сибири, расположенный на берегу реки Ангары. Город славится своей богатой историей, красивой архитектурой и природными достопримечательностями. Город также является воротами в Байкальскую природную зону, где находится самое глубокое озеро на планете — Байкал. Это место привлекает туристов со всего мира, которые приезжают наслаждаться чистым воздухом, красотой озера и уникальной флорой и фауной.

Действующий аэропорт Иркутска расположен в черте города и вызывает ряд нареканий, связанных с частыми туманами от реки Ангары, а также компактной застройкой вокруг территории аэродрома, что ограничивает возможность развития инфраструктуры аэровокзала, которая нуждается в существенной модернизации.

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование пассажирского терминала аэропорта с покрытием, выполненным из клеедеревянных решетчатых арок в г. Иркутск.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- выбор оптимальных конструктивных и объемно планировочных решений, обеспечивающих механическую, пожарную безопасность, безопасность для здоровья человека и окружающей среды;
- проектирование деревянного большепролетного покрытия с соблюдением всех нормативных требований в области строительства;
- обоснование и выбор наиболее рациональных технологий для строительно-монтажных работ при возведении здания;
- составление и анализ структуры локального сметного расчета.
- проект представлен в основном графической частью, отражающей основные решения, принятые при проектировании, и сопровождается пояснительной запиской.

При выполнении работы предполагается использование следующих программ: Autodesk AutoCad, Autodesk Revit и SCAD Office.

1 Вариантное проектирование

Вариантное проектирование предусматривает схематичную и эскизную проработку трех вариантов возможных конструктивно-компоновочных решений проектируемого объекта с целью последующего выбора из них наиболее экономически выгодного и эффективного.

В рамках дипломного проекта было принято решение в рамках вариантного проектирования проанализировать несущие конструкции покрытия.

1.1 Анализ аналогов

Для анализа и сравнения в настоящем разделе рассмотрены аналоги, приближенные к проектируемому зданию по объемно-планировочным и конструктивным решениям.

Стадион «Байкал», г. Иркутск.

Спортивное сооружение в Иркутске, ориентированное на хоккей с мячом и конькобежные виды спорта, культурно-зрелищные и выставочные мероприятия. Арена «Байкал» по своим конструктивным решениям является копией стадиона «Енисей» в Красноярске. Пролёт перекрытый деревянными конструкциями стадионов «Байкал» и «Енисей» составляет 99,9 метров.

Рисунок 1.1 – Несущие конструкции покрытия стадиона «Байкал»

Материал арок – клееная древесина 2-го сорта. Толщина ламелей для склеивания – 30 мм. Сечение поясов составное – 420х1500 мм. Решетка арки – стальная, из гнутосварного замкнутого квадратного профиля, с декорированием клееной древесиной [1].

Опоры арок шарнирно-неподвижные, со стальным башмаком, закрепленным на арке. Арки опираются на железобетонные опоры через противосейсмические сферические шарнирные опоры немецкой фирмы Maurer MSM [2]. Ответные детали под шарниры крепятся на железобетонных опорах с помощью закладных анкерных болтов.

Прогоны покрытия криволинейные, шириной 140 мм и 180 мм. Часть прогонов выполняют функцию распорок и входят в состав вертикальных связей. Шаг прогонов основной 3,0 м, в опорной зоне арок – 22,8 м.

Для обеспечения устойчивости и геометрической неизменяемости несущих конструкций запроектирована система горизонтальных и вертикальных связей. Вертикальные деревянные криволинейные связи, расположены в каждом шаге арок. Шаг вертикальных связей по длине арок 6,0 м.

Для исключения косого изгиба прогонов применены сжатые противоскатные элементы по нижним граням прогонов. Верхние грани прогонов подкреплены трапециевидными упорами на противоскатных элементах.

Укрупнительная сборка несущих арок выполнена на площадке. Согласно принятым решениям, арки для возможности монтажа и, в то же время обеспечения пространственной жесткости, разделены на 2 полуарки (далее ПА). Каждая ПА состояла из пяти элементов, доставляемых на строительную площадку длинномерными негабаритными тралами. Укрупнительная сборка конструкций выполнялась на стапелях. Каждая сборка проходила под контролем ответственных лиц, правильность геометрии собираемых ПА неоднократно проверялась геодезической службой и службой заказчика. Стыки элементов ПА выполнялись, в том числе, с использованием полимерных бетонов, в полном соответствии с проектными решениями. Монтаж ПА выполнялся четырьмя тяжелыми автомобильными кранами с расстановкой, согласно листам ППР [1].

Также сложность монтажных работ заключалась в обеспечении синхронной, одновременной работой четырех кранов при кантовке, подъеме и стыковке конструкций.

Проект Олимпийского крытого конькобежного центра в Сочи.

Проект разработан ООО «НИПКИ МежрегионНИИпроект» (Москва) [3].

В данном проекте несущими являются клееные деревянные арки сквозной конструкции. Каждая полуарка состоит из собранных на заводе блоков внутренней и внешней ветвей, элементов решетки. Блоки имеют транспортную длина до 20 м и снабжаются стальными закладными деталями и шарнирами, заанкеренными в древесине V-образными вклеенными стержнями по системе ЦНИИСК. Стальные шарниры арок в опорах и в ключе обеспечивают необходимый взаимный поворот полуарок на расчетное перемещение опор при землетрясении. Закладные детали позволяют получить жесткие стыки поясов, равнопрочные основному сечению, без увеличения его габаритов. Такие стыки впервые разработаны, исследованы и применены в ЦНИИСК и входят в так называемую систему ЦНИИСК.

В виду небольших усилий, элементы решетки присоединяются к поясам полуарок с помощью болтовых и нагельных соединений при сборке на стройплощадке.

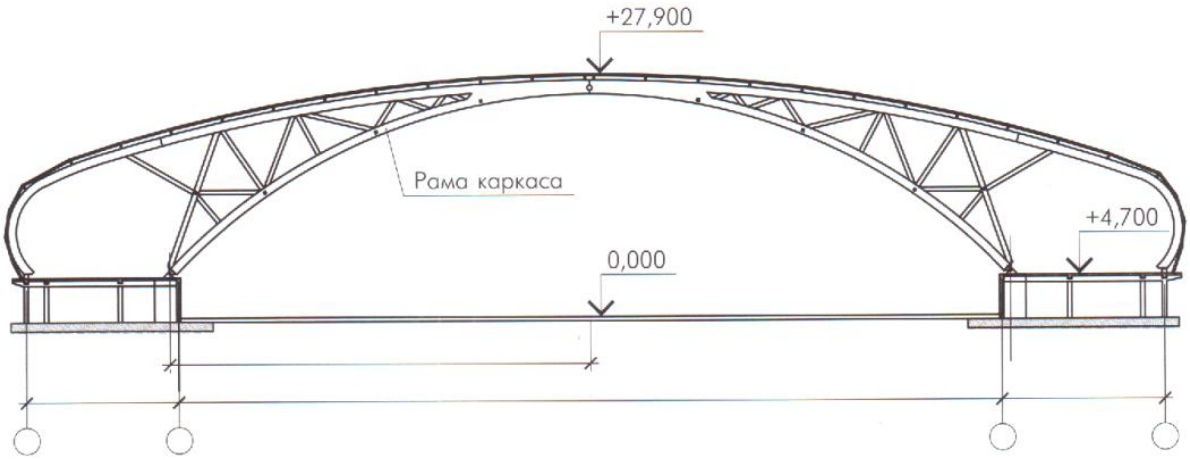


Рисунок 1.2 – Арки трехшарнирные пролетом 96 м с надстройкой Олимпийского крытого конькобежного центра в Сочи

Полуарки собираются на стройплощадке с использованием стапелей, выполненных из тяжелых железобетонных блоков, снабженных фиксаторами в основных узлах сопряжения элементов.

Монтаж полуарок ведется с помощью монтажной башни, перемещаемой в середине пролета. Гнутые рамы крайних пролетов устанавливаются во вторую очередь, после монтажа арок, с помощью шарнирных узлов, допускающих смещение опор при сейсмических воздействиях.

По верхним поясам с шагом 6 м устанавливаются прогоны с криволинейными нижними поясами.

Устойчивость достигается крестовыми связями по верхним поясам и распорками по нижним поясам.

1.2 Проектирование здания. Выбор покрытия

Основной центральный сектор здания покрыт клееными деревянными арками пролетом 100 м. Арки опираются на железобетонные колонны круглого сечения, расположенные по сетке 13,5х16,25 м. Монолитное железобетонное перекрытие по профлисту опирается на главные и второстепенные металлические балки.

Проведем анализ нескольких вариантов конструктивных решений:

- вариант 1 – арка со сплошным прямоугольным сечением (рисунок 1.3, а);
- вариант 2 – решетчатая арка с параллельными поясами (рисунок 1.3, б);
- вариант 3 – решетчатая арка с непараллельными поясами (рисунок 1.3, в).

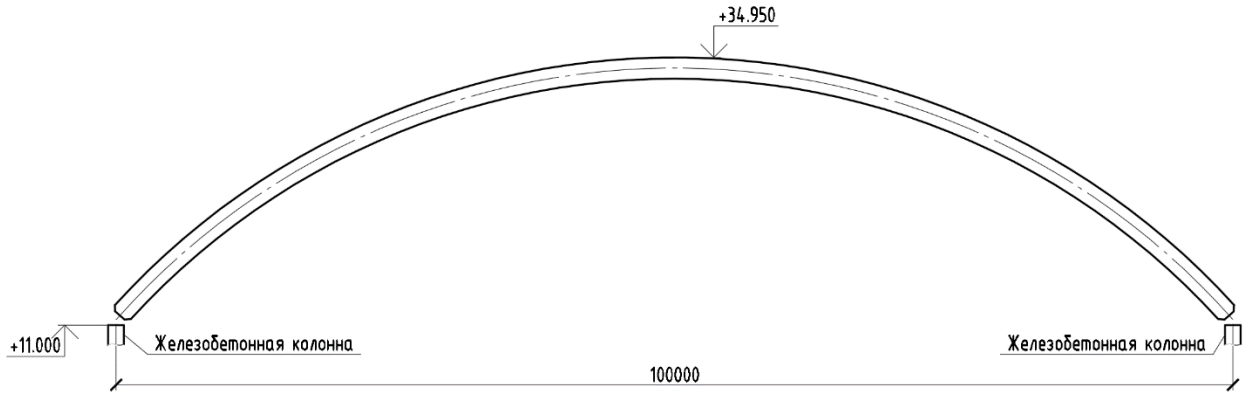
Во всех трех вариантах стрела подъема арки/верхнего пояса 22,5 м.

В вариантах 2 и 3 решетка представляет собой стойки, расположенные с шагом 4 метра и раскосы, верхний узел которых направлен в сторону конька.

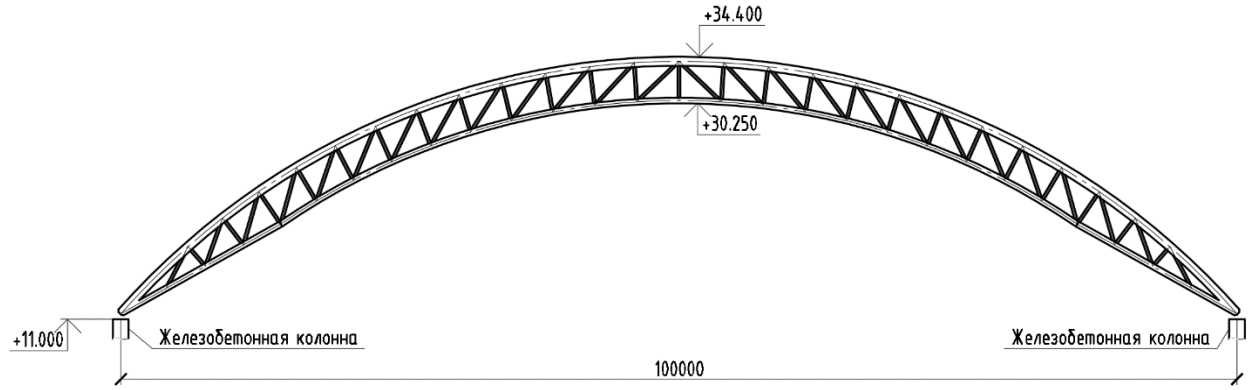
В варианте 2 расстояние между центрами сечений сохраняется практический по всей длине арки равным 3,5 м. В 2 варианте расстояние между центрами сечений достигает 3,5 метров только в коньке, пояса арок смыкаются к опоре в сплошное сечение.

Расчет производился в ПК SCAD++ на сочетания нагрузок: собственный вес арки, вес покрытия, снеговая нагрузка. Сбор нагрузок произведен согласно СП 20.13330.2016 [4].

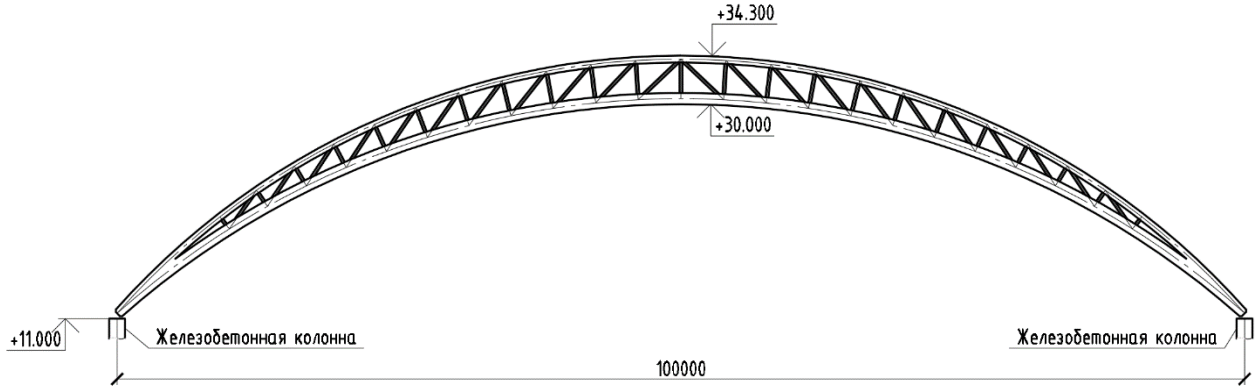
а



б



в



а – вариант 1 (сплошное сечение); б – вариант 2 (параллельные пояса);
в – вариант 3 (непараллельные пояса)

Рисунок 1.3 – Варианты конструктивных решений

Предварительным этапом было сравнение трехшарнирной и двухшарнирной схем на примере арки сплошного сечения.

Проведенное исследование позволило сделать следующий вывод: двухшарнирная расчетная схема является наиболее эффективной, поскольку значения максимального изгибающего момента и максимального продольного усилия меньше, нежели в аналогичных трехшарнирных схемах. Поэтому в дальнейшем рассматривались только двухшарнирные схемы, приведенные на рисунке 1.3.

Подобранные сечения по результатам расчета арок на комбинацию загружений сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты расчета трех вариантов конструктивных схем

Конструктивное решение	**Сечение верхнего пояса, мм**	**Сечение нижнего пояса, мм**	**Максимальные перемещения**		**Расход древесины**, т**
			по оси X*, мм	**по оси Z*, мм**	
Вариант 1	500x1900	-	24,24	74,43	53,68
Вариант 2	500x800	500x500	6,12	27,35	47,05
Вариант 3	500x500	500x1000	7,01	33,57	48,82
* Перемещения по оси X соответствуют горизонтальным, а по Z – вертикальным ** С учетом стоек и раскосов сечением 250x500 мм					

На основании таблицы 1.1 можно сделать следующие выводы: наибольшей материалоемкостью обладает вариант 1, наименьшей – вариант 2; наименьшие вертикальные и горизонтальные перемещения возникают во второй схеме.

Из вышеперечисленного делаем вывод, что вариант два является наиболее эффективным и выгодным с экономической точки зрения.

Принимаем для дальнейшего проектирования покрытие, выполненное с использованием клееных решетчатых двухшарнирных арок с параллельными поясами.

2 Архитектурно-строительный раздел

2.1 Описание и обоснование внешнего и внутреннего вида объекта капитального строительства, его пространственной, планировочной и функциональной организации

Объектом проектирования настоящего дипломного проекта является здание пассажирского терминала в г. Иркутск с покрытием из деревянных конструкций пролетом 100 м и стрелой подъема 22,5 м.

Здание в плане имеет форму креста и делится на четыре основных объема:

1) Основной центральный объем (сектор А) - основной объем здания, в котором размещены зоны регистрации, таможенного и паспортного контроля, выдачи багажа, залы ожидания, а также представительства авиакомпаний и помещения служебного назначения. Сектор имеет прямоугольную форму в плане, основными несущими конструкциями являются железобетонные колонны и металлические главные и второстепенные балки. Несущие конструкции покрытия выполнены из решетчатых деревянных клееных арок пролетом 100 м. Полная длина сектора составляет 151,5 м.

2) Боковые объемы здания (сектора Б-Г) представляют собой двухэтажное каркасное здание из монолитных железобетонных колонн и стальных балок, аналогично основному сектору. Боковые объемы примыкают к сектору А с трех сторон, образуя в плане крест. Покрытие выполнено из клееных арок сплошного сечения пролетом 30 и 35 метров. В секторах Б-Г расположены преимущественно зоны ожидания с кафе и магазинами и выходы на посадку.

За отметку 0,000 принята отметка чистого пола первого этажа. Максимальная относительная отметка здания – +34,225 м.

Класс сооружения КС-3 [5, прил. А].

Уровень ответственности здания – повышенный [5, п. 10.1].

Степень огнестойкости здания – I [6, табл. 21].

Класс конструктивной пожарной опасности – С0 [6, табл. 22].

Класс функциональной пожарной опасности – Ф3.3 согласно [6, ст. 32].

Архитектура здания соответствует требованиям, предъявляемым для общественных зданий. Пространственная, планировочная и функциональная организация обусловлена функциональным назначением здания – аэровокзалы.

Ширина маршей наружных лестниц, предназначенных для эвакуации людей установлена 1,7 м, что удовлетворяет требованиям [7, п. 4.4.1] – для зданий с числом людей, находящихся на любом этаже, кроме первого, более 600 человек. Уклон лестниц, ширина и высота проступи соответствуют требованиям [7, п. 4.4.3].

2.2 Обоснование принятых объемно-пространственных и архитектурно-художественных решений, в том числе в части соблюдения предельных параметров разрешенного строительства объекта капитального строительства

Объемно-планировочные и архитектурно-художественные решения приняты согласно:

- СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009», раздел 9 [8];
- СП 478.1325800.2019 «Здания и комплексы аэровокзальные» [9];
- СП 451.1325800.2019 «Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования» [10];
- СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [7];
- СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» [11];
- СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объёмно планировочным и конструктивным решениям» [12];
- СП 59.13330.2020 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001» [13];
- СП 136.13330.2012 «Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения» [14];
- СП 138.13330.2012 «Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным группам населения» [15];
- СП 131.13330.2020 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99» [16];
- СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95» [17];
- СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [18];
- СП 50.1330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» [19];
- СП 29.13330.2011 «Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88» [20];
- СП 17.13330.2017 «Кровли» актуализированная редакция СНиП II26–76 [21];
- ГОСТ 30389–2013 «Услуги общественного питания. Предприятия общественного питания. Классификация и общие требования» [22];
- ГОСТ 5746–2015 «Лифты пассажирские. Основные параметры и размеры» [23].

В таблице 2.1 приведен расчет площадей зон зданий аэровокзалов основного функционального назначения. Расчетную часовую пропускную способность аэровокзала принимаем 1200 пасс/час.

Площадь функциональной зоны обслуживания $П_з$, м^2, определяется по формуле

$$П_з = П_р \cdot П_у \cdot t_о \ , \qquad (2.1)$$

где $П_р$ – расчетная часовая пропускная способность аэровокзала, пасс./ч;

$П_у$ – удельная площадь на одного пассажира в зоне, м2/пасс., принимаемая по таблице Б.5 [9];

$t_о$ – время ожидания пассажира в очереди, принимаемая по таблице Б.5 [9].

Таблица 2.1 – Расчет площадей зон зданий аэровокзалов основного функционального назначения

Наименование зоны	**Минимальная удельная площадь на одного пассажира, м^2/пасс**	**Стандартное время ожидания в очереди, мин**	**Площадь функциональной зоны обслуживания, м^2**
Зона паспортного контроля	1	10 (вылет)	200
		15 (прилет)	300
Зона таможенного контроля	1	7	140
Зона предполётного досмотра	1	7	140
Зона регистрации пассажиров и багажа	1,8	15	540
Зона выдачи багажа	1,7	20	680
Зона ожидания вылета после регистрации	1,7	40 (международные рейсы)	1360
		20 (внутренние рейсы)	680
Зона вылета общего пользования; зал прилета общего пользования	1,5	20	600

Площади функциональных зон обслуживания проектируемого здания соответствуют требованиям, предъявленным СП 478. 1325800.2019 [9, прил. Б].

2.3 Описание и обоснование использованных композиционных приемов при оформлении фасадов и интерьеров объекта капитального строительства

Архитектура фасадов проектируемого здания обусловлена принятым и обоснованным планировочным решением. Планировочное решение выполнено с соблюдением требований санитарно-гигиенических, противопожарных норм и требований к помещениям в соответствии с технологией функциональных

процессов, площадям помещений в здании, их взаимному расположению в пространственной структуре здания.

Наружная отделка аэровокзала:

- покрытие представляет собой клеедеревянные решетчатые арки, пространственная устойчивость которых обеспечивается распорками в уровне верхнего пояса и горизонтальными связями, на распорки укладываются гнутые прогоны, повторяя форму верхнего пояса, на прогоны и арки, верхняя грань которых находится в одном уровне, монтируются плиты покрытия, состоящие из деревянных ребер, обшивки из березовой фанеры и утеплителя. На плиты укладываются подкладочные ковры и фальцевая кровля;
- большая часть терминала имеет стеклянный фасад, который представляет собой модульный алюминиевый профиль с двухкамерным стеклопакетом;
- часть наружных стен технических и служебных помещений выполнена из монолитного железобетона, наружная отделка которых представлена в виде системы навесного фасада.

Естественное освещение основного сектора помимо боковых и торцевых витражей обеспечивается фонарем.

2.4 Описание решений по отделке помещений основного, вспомогательного, обслуживающего и технического назначения

Внутренняя отделка помещений выполнена в соответствии с их функциональным назначением.

Потолок всех помещений аэропорта облицован подвесной системой ТехноНИКОЛЬ Акустик с звукоизолирующим слоем.

В технических помещениях, лестничных клетках, лестнично-лифтовых узлах стены окрашены огнестойкой краской.

В местах соприкосновения древесины с металлом защита предусмотрена отделкой эпоксидной шпатлевкой ЭП-0010 по ГОСТ 10277-76.

Поверхность клеедеревянных несущих конструкций покрыта огнезащитной пропиткой «Пирилакс» с антисептическим эффектом для древесины в 5 слоев, а также лаком алкидным ПФ-283 по ГОСТ 5470-75 в 2 слоя для обеспечения влагозащиты.

Металлические балки облицованы системой огнезащиты по технологии ТехноНИКОЛЬ. В качестве огнезащитного покрытия в системе ТН-ОГНЕЗАЩИТА Металл используются Плиты ТЕХНО ОЗМ, которыми облицовываются стальные конструкции при помощи клея Ceresit CT190, выдерживающего действия огня в течение длительного времени, не растрескиваясь. В качестве декоративного покрытия применяется тонкослойная штукатурная система по стеклосетке.

Ведомость отделки помещений приведена в приложении Б.

Экспликация полов приведена в приложении В.

2.5 Описание архитектурных решений, обеспечивающих естественное освещение помещений с постоянным пребыванием людей

Естественное освещение выполнено в соответствии с [17] с учетом светового климата района строительства и требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий».

Планировка помещений выполнена с учетом норм естественного освещения. Во всех помещениях, предназначенных для длительного пребывания людей, предусмотрено естественное освещение через витражные системы и фонарь.

2.6 Описание архитектурно-строительных мероприятий, обеспечивающих защиту помещений от шума, вибрации и другого воздействия

Для защиты помещений от шума и вибрации проектом предусматриваются следующие мероприятия:

− применение в окнах и витражах двухкамерных стеклопакетов;

− герметичность системы фасадного остекления обеспечивается за счет термовставок, специальных уплотнителей и герметизирующих лент;

− подвесной звукоизолирующий потолок;

− применение окон и дверей с уплотнением в притворах;

− установка инженерного оборудования на виброосновании, установка шумоглушителей на вентоборудовании.

2.7 Описание решений по светоограждению объекта, обеспечивающих безопасность полета воздушных судов (при необходимости)

Согласно требованиям Руководства по эксплуатации гражданских аэродромов РФ (РЭГА РФ-94) п 3.3.5 дневной маркировке подлежат все неподвижные постоянные и временные препятствия, расположенные на приаэродромной территории и воздушных трассах, возвышающиеся над установленными поверхностями ограничения препятствий.

В качестве решений по светоограждению, обеспечивающих безопасность воздушного движения можно устанавливать световые маяки на крыше здания и световые ограждения на окнах здания, чтобы предотвратить отражение света.

2.8 Описание решений по декоративно-художественной и цветовой отделке интерьеров

При проектировании внутренней отделки помещений главным фактором при принятии решений являлось многообразие свойств, которое влияет на

качество художественного восприятия человеком окружающего пространства и цветовой гаммы.

Во внутренней отделке используются материалы, отвечающие санитарно-гигиеническим, противопожарным и эстетическим требованиям.

Для отделки применяются:

- стены: декоративная штукатурка и панели Wallhof Wood;
- полы: ковровое покрытие, паркетная доска, керамогранитная плитка;
- потолки: подвесная система ТехноНИКОЛЬ Акустик с покрытием из декоративной штукатурки.

2.9 Соблюдение требуемых теплозащитных характеристик ограждающих конструкций

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций производится в соответствии с требованиями [9], [19] и [24]. Исходные данные для расчета приняты по [13] для г. Иркутск.

Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С · сут/год, определяются по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})\, z_{\text{от}}\,, \tag{2.2}$$

где $t_{\text{в}}$ – внутренняя температура воздуха, °С;

$t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха, °С;

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

Средняя температура наружного воздуха для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°С: $t_{\text{от}} = -7{,}6$ °С.

Продолжительность отопительного периода для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°С: $z_{\text{от}} = 233$ сут.

Значение нормируемого сопротивления теплопередачи, $R_0^{\text{норм}}$, (м²·°С)/Вт, определяется по формуле

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тр}} \cdot m_p = (a \cdot \text{ГСОП} + b) \cdot m_p \tag{2.3}$$

где ГСОП – то же, что и в формуле (2.2);

a и b – коэффициенты (значения которых принимаем равными: для стен: $a = 0{,}0003, b = 1{,}2$; для витражей: $a = 0{,}00005, b = 0{,}2$; для покрытий: $a = 0{,}0004, b = 1{,}6$);

m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства.

В таблице 2.2 приведены принятые параметры микроклимата помещений, а также расчёт нормируемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{норм}}$.

Таблица 2.2 – Расчет нормируемого сопротивления теплопередачи

Помещение	**Температура, °С**	**Относительная влажность, %**	**ГСОП**	$R_0^{норм}$ **(стены)**	$R_0^{норм}$ **(витражи)**	$R_0^{норм}$ **(кровля)**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Помещения с постоянным пребыванием людей	20*	45 (до 60)*	6430,8	3,13	0,52	4,17
Помещения с временным пребыванием людей	18	не нормируется	5964,8	2,99	0,50	3,99
Подсобные, кладовые, технические помещения, лестницы	16	не нормируется	5498,8	2,85	0,47	3,80
* Температура и относительная влажность приведены для категории 3а и 3в.						

Проведем расчёт приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{пр}$, (м²·°С)/Вт. Расчет сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Номер слоя	**Наименование**	δ, м	λ_A, **Вт/(м·°С)**	$\alpha_н$	$\alpha_в$	$R_0^{пр}$, **(м²·°С)/Вт**
Крыша				23	8,7	**4,26**
1	Фальцевая кровля	0,0007				
2	Подкладочный ковер	0,0015				
3	Фанера (береза)	0,012	0,23			
4	Воздушная прослойка	0,05				
5	Гидрофобизированные плиты из каменной ваты ROCKWOOL СКАНДИК	0,16	0,039			
6	Фанера (береза)	0,009	0,15			
Витраж						
1	Стеклопакет $4M_1 - Ar12 - 4M_1 - Ar12 - 4M_1$					**0,52**
Стены (общественная часть)				23	8,7	**3,02**
1	Газобетонные блоки	0,4	0,14			
2	Штукатурный раствор	-				
Стены (техническая часть)				23	8,7	**3,02**
1	Газобетонные блоки	0,4	0,14			
2	Штукатурный раствор	-				

Толщина утеплителя δ, м, соответствует размерной линейке продукции ROCKWOOL. Стеклопакеты принимаем в соответствии с ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения» [25].

3 Конструктивные и объёмно-планировочные решения

3.1 Сведения о топографических, инженерно-геологических и климатических условиях земельного участка, предоставленного для размещения объекта капитального строительства

Вид строительства – новое строительство.

Объект строительства – пассажирский терминал аэропорта с покрытием из деревянных арочных конструкций в г. Иркутск.

Характеристики здания и района строительства приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика здания и района строительства

Параметр	Значение	Примечание
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98, ℃	-35	[16, табл. 3.1]
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	73	[16, табл. 4.1]
Снеговой район	II	[4, карта 1]
Нормативное значение веса снегового покрова, кН/м^2	1,05	[4, табл. К.1]
Ветровой район	III	[4, карта 2]
Нормативное значение ветрового давления, кПа	0,38	[4, табл. 11.1]
Сейсмичность района строительства*, балл	9	[26, прил. А]
Сейсмичность площадки строительства (II категория грунта по сейсмическим свойствам), балл	9	[26, табл. 4.1]
Тип местности	В	[4, табл. 11.3]

3.2 Описание и обоснование конструктивных решений

Здание имеет сложную форму в плане – крест.

Сектор А.

Трехэтажный прямоугольный сектор в плане с габаритами 100х150 метров. Покрытие выполнено из клееных деревянных конструкций – решетчатых арок с параллельными поясами (см. рисунок 3.1). Пролет конструкций 100 метров, шаг – 13,5 м, в осях У-Ф шаг 10,5 метров. Арки опираются на железобетонные колонны (на отм. +11.000). Сетка колонн 13,5х16,25 м. Конструктивная схема здания каркасная. Монолитное перекрытие по профилированному листу опирается на главные и второстепенные металлические балки. Второстепенные балки расположены с шагом 3,25 м.

Для обеспечения пространственной жесткости в систему покрытия включены распорки в уровне верхнего пояса, расположенные с шагом 4 метра в одной плоскости со стойками, и в уровне нижнего – в местах монтажных стыков сегментов арки. Аналогично распоркам, расположенным в уровне нижнего пояса, устанавливаются вертикальные связи. По верхней грани распорок укладываются прогоны, повторяющие изгиб верхнего пояса арок, с шагом 1,5

метра. На прогоны и верхний пояс, верхние грани которых расположены в одном уровне, укладываются деревянные плиты покрытия.

Сектора Б и В.

Прямоугольные в плане сектора примыкают к основному объему по двум сторонам. Имеют аналогичную сектору А конструктивную схему с сеткой колонной 13,5х15 м. Шаг второстепенных балок 1,5 м. Покрытие выполнено из клееных арок сплошного сечения пролетом 30 метров (рисунок 3.1) с аналогично организованной системой, обеспечивающей пространственную жесткость.

Сектора Б и В отделены от сектора А деформационно-усадочным швами, и совмещенными с ними антисейсмическими. Антисейсмические швы разделяют здание по всей высоте. Согласно [26, п. 6.1.3], допускается не устраивать шов в фундаменте, за исключением случаев, когда антисейсмический шов совпадает с осадочным.

Расстояние между антисейсмическими швами не должно превышать 60 метров при расчётной сейсмичности 9 баллов согласно [26, п. 6.1.4].

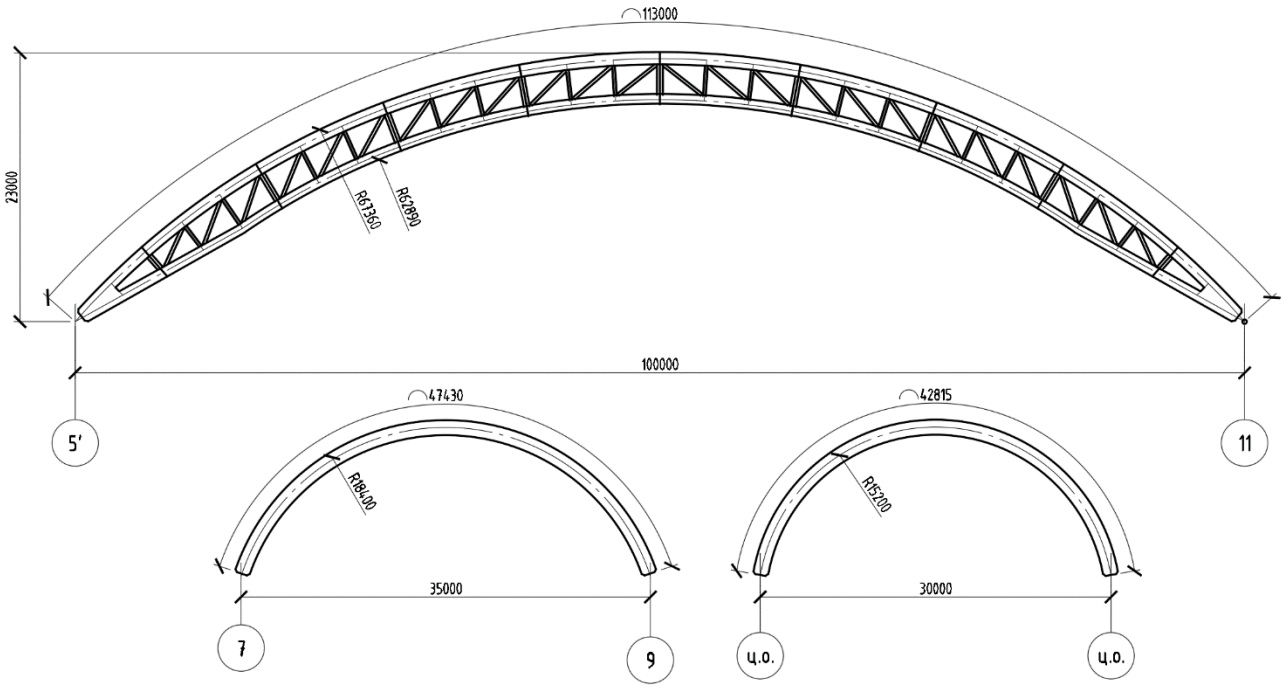


Рисунок 3.1 – Схемы арок, являющимися несущими элементами конструкций покрытия

Сектор Г.

Примыкает к основному объему со стороны взлетно-посадочной полосы. Имеет аналогичную сектору А конструктивную схему, с такой же сеткой колонн и шагом балок. Покрытие выполнено из клееных арок сплошного сечения пролетом 35 метров (рисунок 3.1) с аналогично организованной системой, обеспечивающей пространственную жесткость.

Отделен от сектора А деформационно-усадочным швом, и совмещенным с ним сейсмическим.

3.3 Расчетная схема здания

На рисунке 3.2 показан общий вид расчетной схемы здания. На рисунке 3.3 показан фрагмент, включающий все элементы покрытия, за исключением деревянных плит.

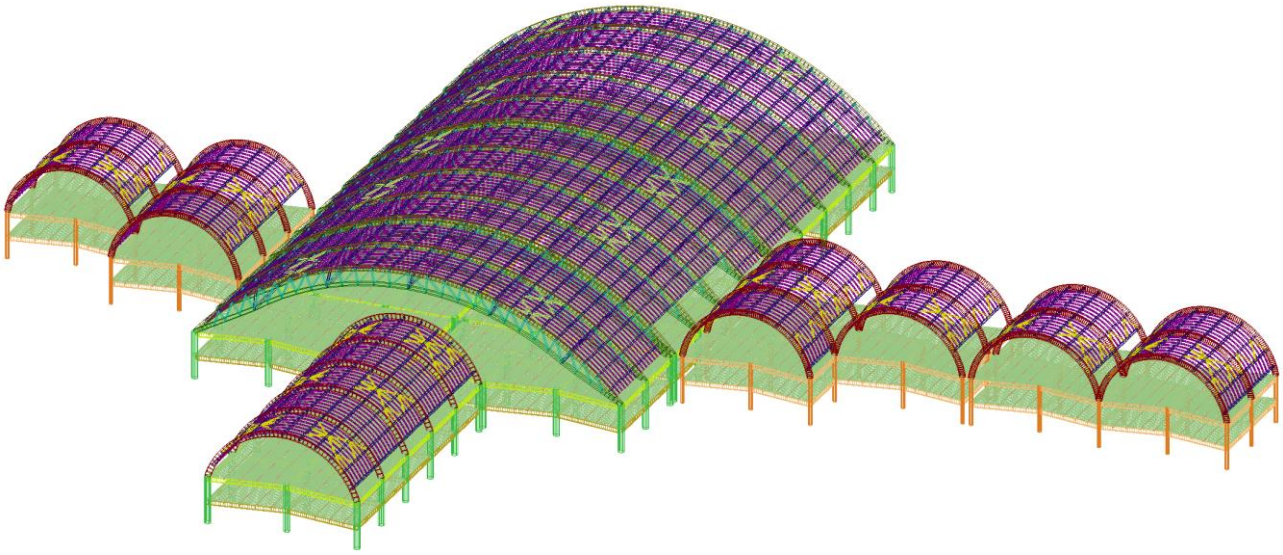


Рисунок 3.2 – Общий вид расчетной схемы здания

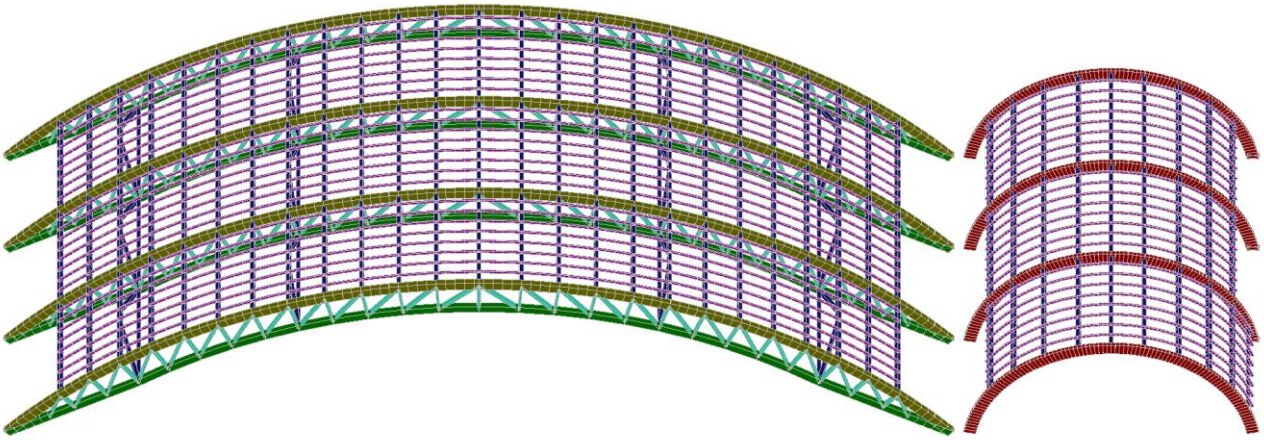


Рисунок 3.3 – Фрагмент расчетной схемы, включающий покрытие

3.4 Сбор нагрузок

Сбор нагрузок производим на клееные деревянные арки и на смешенный железобетонно-металлический каркас, состоящий из главных балок, второстепенных балок, плит перекрытия и колонн круглого сечения. Сбор нагрузок производим в соответствии с [4] и [16]. Расчет производится в ПК SCAD++.

3.4.1 Постоянные нагрузки.

Собственный вес был задан в программном комплексе SKAD++.

Для деревянных и бетонных элементов плотностью более 1,6 т/м^3 коэффициент надежности равен 1,1, для металлических конструкций – 1,05. Поскольку в SCAD++ нет возможности задать разные коэффициенты, принимаем максимальный – 1,1.

Вес покрытия, передаваемый на прогоны и верхние пояса арок, рассчитан в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Нагрузка от кровли

Наименование слоя и толщина, мм	**Плотность, кг/м^3**	**Шаг, м**	**Нормативное значение нагрузки, кг/м**	**Коэффициент надежности по нагрузке, γ_f**	**Расчетное значение нагрузки, кг/м**
Кликфальц – 0,5 мм	7150	1,5	5,36	1,3	6,97
Подкладочный ковер мех-ой фиксации – 1 мм	1530		2,29	1,3	2,98
Фанера березовая – 12 мм	650		11,7	1,2	14,04
Гидрофобизированные плиты из каменной ваты ROCKWOOL – 160 мм	35		8,4	1,2	10,08
Фанера березовая – 9 мм	650		8,78	1,2	10,53
			0,35		44,6

Нагрузку задаем в ПК SCAD++ в нормативном значении – 0,35 кН/м с коэффициентом надежности 1,3.

3.4.2 Кратковременные нагрузки.

Снеговая нагрузка.

Согласно [4, п. 10.1], нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия S_0, кН/м^2, определяется по формуле

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g \,, \qquad 3.1$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов;

c_t – термический коэффициент;

μ – коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие;

S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м горизонтальной поверхности земли.

Для многопролетного сегмента здания со сводчатым покрытием при $f/l = 22{,}5/100 = 0{,}225 > 0{,}1$ следует учитывать 2 варианта схем снеговых нагрузок (см. рисунок 3.4).

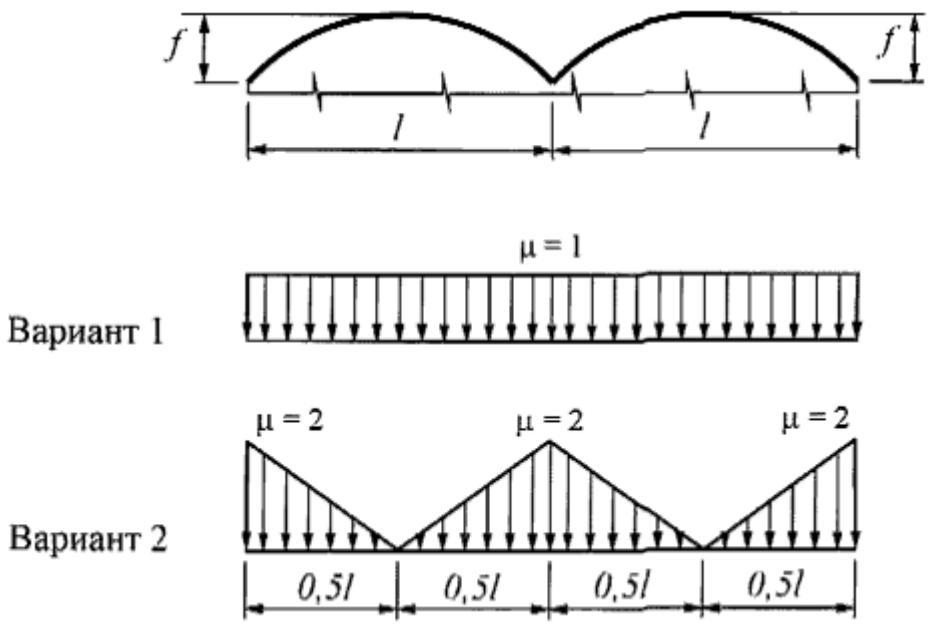


Рисунок 3.4 – Схема распределения снеговой нагрузки для многопролетного сегмента здания

Для однопролетного сегмента здания со сводчатым покрытием так же учитывается 2 варианта снегового нагружения (см. рисунок 3.5).

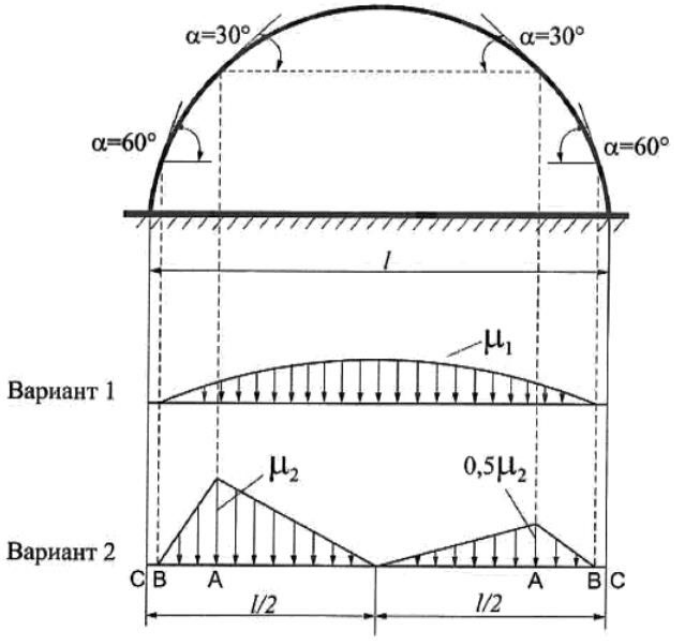


Рисунок 3.5 – Схема распределения снеговой нагрузки для однопролетного сегмента здания

Коэффициенты формы μ_1 и μ_2 определяются по формулам

$$\mu_1 = \cos(1{,}5\alpha), \qquad 3.2$$

$$\mu_2 = sin(3\alpha)\ , \qquad 3.3$$

где α – уклон покрытия, град (при этом значения μ_1 вычисляются в каждой точке покрытия).

Для сводчатых поверхностей кругового очертания значения μ_2 вычисляются в точках с уклоном $\alpha = 30°, \alpha = 60°$ и в крайнем сечении покрытия (точки А, В и С на рисунке 3.4). Промежуточные значения μ_2 определяются линейной интерполяцией.

Принимаем: $c_e = 1$; $c_t = 1$; $S_g = 1{,}05$ кН/м^2 – для г. Иркутск согласно таблице К.1. [4].

В таблицу 3.3 сведены результаты расчета снеговой нагрузки по всем 4 вариантам. В таблице приведены нормативные значения нагрузки. Коэффициенты надежности по нагрузке будут вводиться непосредственно в ПК SCAD++ при создании загружений. Шаг несущих конструкций 13,5 м.

Таблица 3.3 – Результаты расчета снеговой нагрузки для различных сегментов

Схема	**Коэффициент формы μ**	S_0, кН/м^2	**Шаг, м**	**Погонная S_0, кН/м^2**
Многопролетная	1	1,05	1,5	1,575
	2	2,1		3,15
Однопролетная	1	1,05		1,575
	0,629	0,99		0,991
	0,5	0,525		0,7875
*Для однопролетной схемы в таблицу внесены коэффициенты формы только для ключевых точек покрытия с уклоном 30° и 47° (крайняя точка)				

Ветровая нагрузка.

Согласно [4, п. 11.1], нормативное значение основной ветровой нагрузки w, кПа, определяется как сумма средней w_m и пульсационной w_g составляющих по формуле

$$w = w_m + w_g \cdot \mu \cdot S_g\ , \qquad 3.4$$

Пульсационную составляющую мы будем задавать в ПК SCAD++ как динамическое воздействие, а нормативное значение средней составляющей w_m, кПа, определяется по формуле

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c_e\ , \qquad 3.5$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления;

$k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e;

c_e – аэродинамический коэффициент внешнего давления.

В Приложении В [4] сказано, что для зданий со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями при определении эквивалентной высоты z_e высота здания H, м, определяется по формуле

$$H = h_1 + 0{,}7F\ , \qquad 3.6$$

где h_1 – расстояние от уровня земли до низа покрытия, м;
F – стрела подъема арки, м.

Принимаем: $h_1 = 11$ м; $F = 22{,}5$ м для решетчатой арки сектора А и $F = 13$ м для арок сплошного сечения, являющихся покрытием секторов Б-Г.

Подставляем значения в формулу (3.6), получаем

- для покрытия сектора А

$$H = 11 + 0{,}7 \cdot 22{,}5 = 26{,}75 \text{ м};$$

- для покрытия секторов Б-Г

$$H = 11 + 0{,}7 \cdot 13 = 20{,}1 \text{ м}.$$

Коэффициент $k(z_e)$ определяется интерполяцией по таблице 11.2 [4].

Аэродинамический коэффициент c_e следует определять по рисунку 3.6.

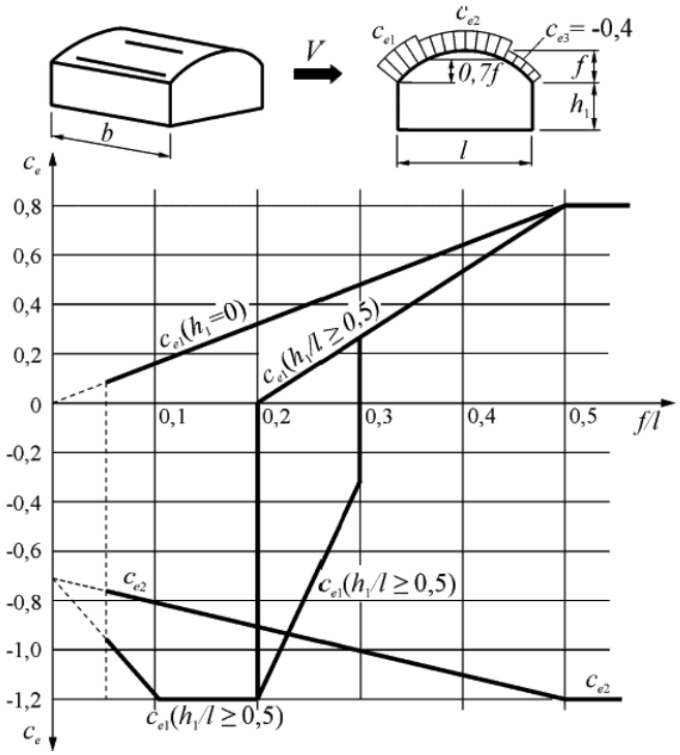


Рисунок 3.6 – График для определения аэродинамических коэффициентов

Принимаем: $w_0 = 0{,}38$ кПа – для III ветрового района (г. Иркутск).

Результаты расчета нормативного значения средней составляющей ветровой нагрузки сведены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Значение ветровой нагрузки на арки

Сегмент	z_e	$k(z_e)$	c_{e1}	c_{e2}	c_{e3}	Шаг	Нормативная погонная нагрузка, кН/м		
Решетчатая арка сектора А									
ниже $0{,}7f$	26,75	0,934	0,35		-0,4	1,5	0,19		-0,21
выше $0{,}7f$	26,75	0,934		-0,925				-0,49	
Арка сплошного сечения секторов Б-Г									
ниже $0{,}7f$	20,1	0,851	0,62		-0,4	1,5	0,32		-0,19
выше $0{,}7f$	20,1	0,851		-1,13				0,55	

Коэффициенты надежности по нагрузке будут вводиться непосредственно в ПК SCAD++ при создании загружений.

Параметры пульсационной составляющей ветровой нагрузки приведены на рисунках 3.7-3.8.

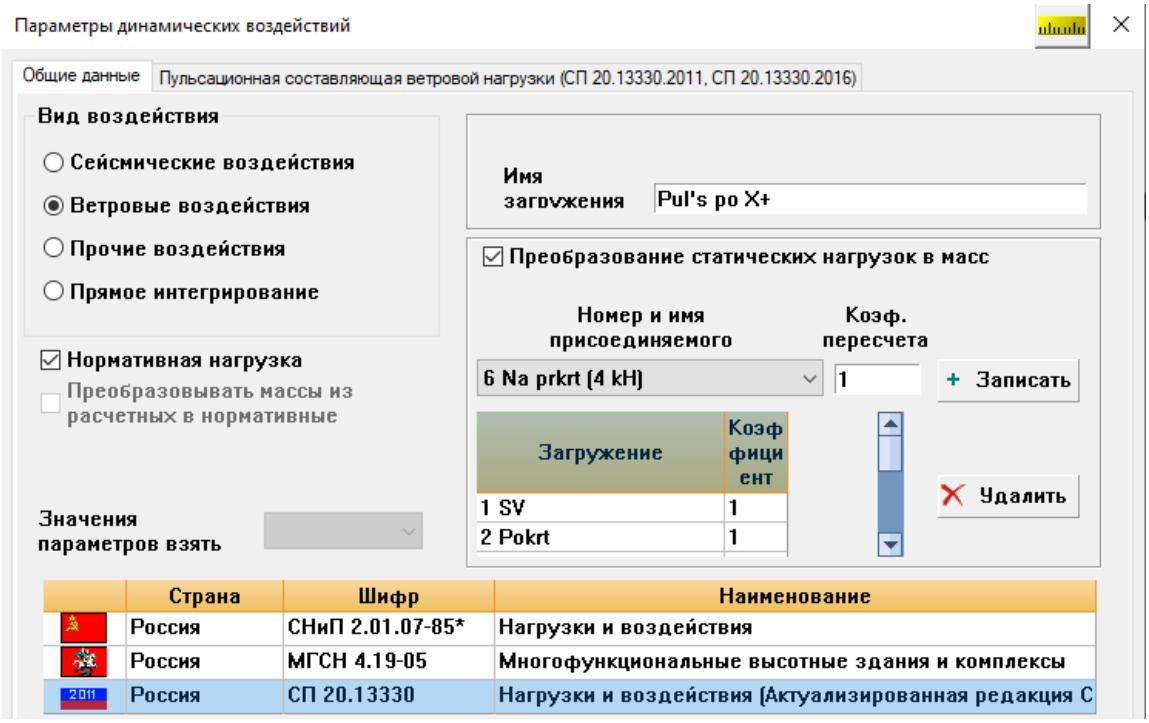


Рисунок 3.7 – Параметры пульсационной составляющей ветровой нагрузки

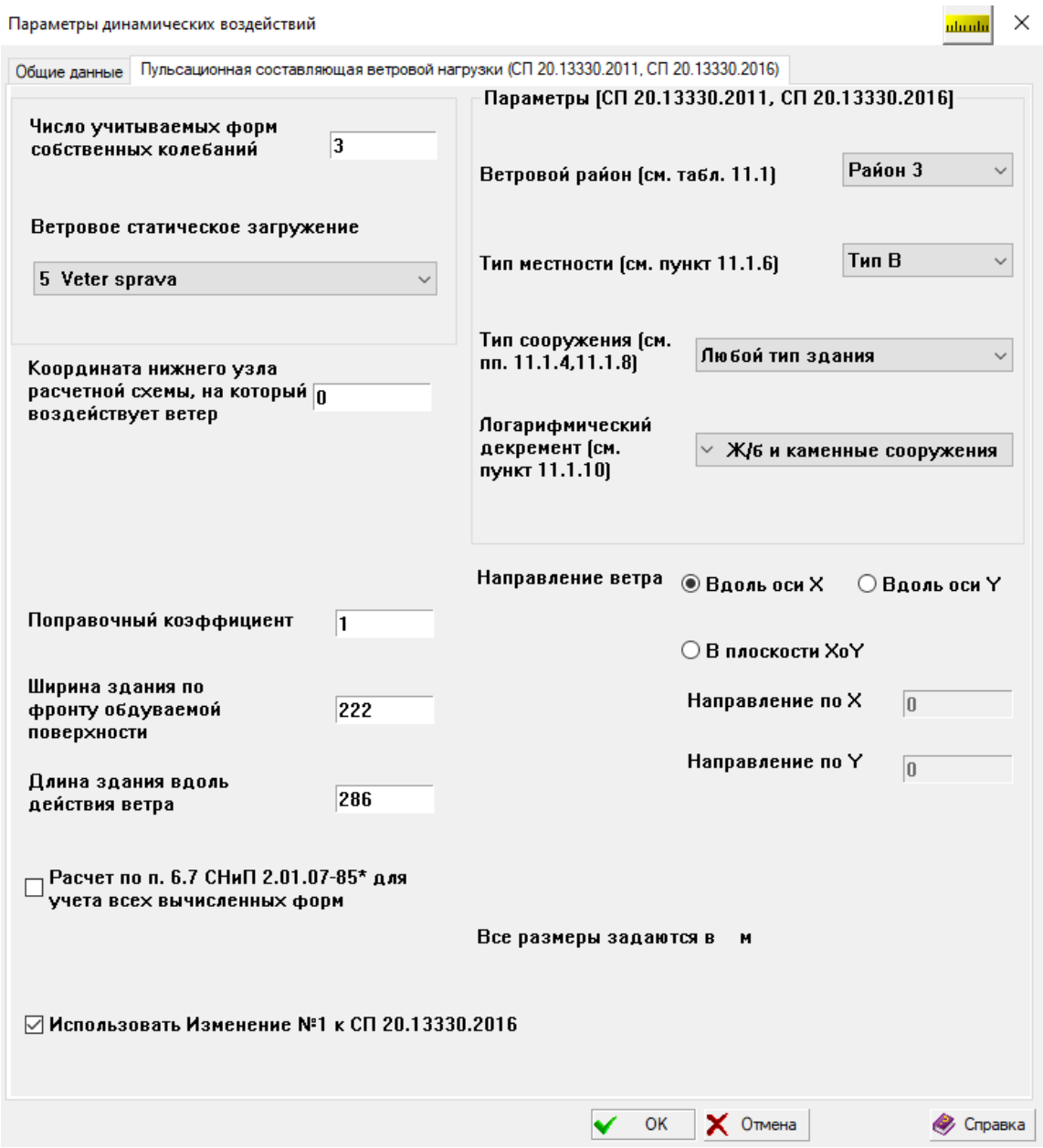


Рисунок 3.8 – Параметры пульсационной составляющей ветровой нагрузки

Нагрузка на перекрытие.

Примем нормативное значение равномерно распределенной кратковременной нагрузки на плиты перекрытий, исходя из таблицы 8.3 [4], равным 4 кПа.

3.4.3 Особые нагрузки.

Сейсмическая нагрузка.

Иркутск находится в сейсмическом районе, согласно Приложению А СП 14.13330.2018 [26], нормативную интенсивность сейсмических воздействий в баллах для района строительства следует принимать на основе комплекта карт ОСР-2016-В территории Российской Федерации, утвержденных в установленном порядке.

Исходя из назначения здания, для оценки нормативной сейсмичности района при проектировании следует использовать карту В ОСР-2016-В, согласно которой, сейсмичность в г. Иркутск составляет 9 баллов [26, п. 4.3, табл. 4.2].

Сейсмическую нагрузку в ПК SCAD задаем как динамическое воздействие с параметрами, указанными на рисунках 3.9 -3.10.

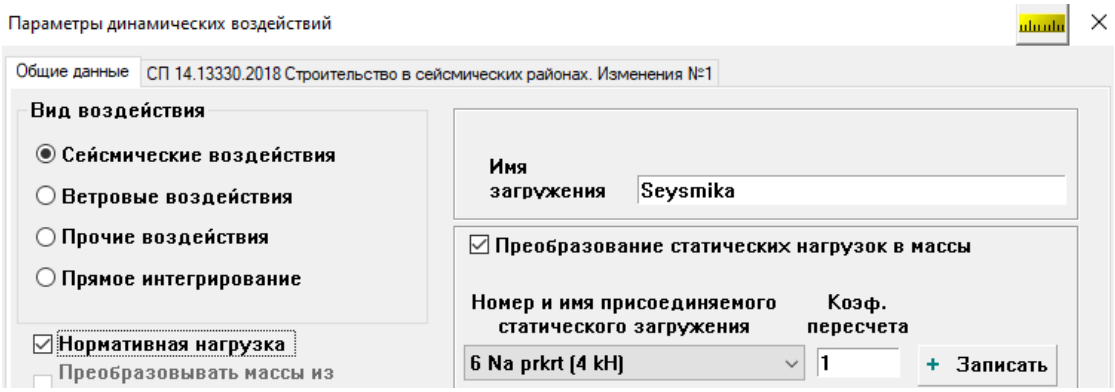


Рисунок 3.9 – Параметры сейсмического воздействия

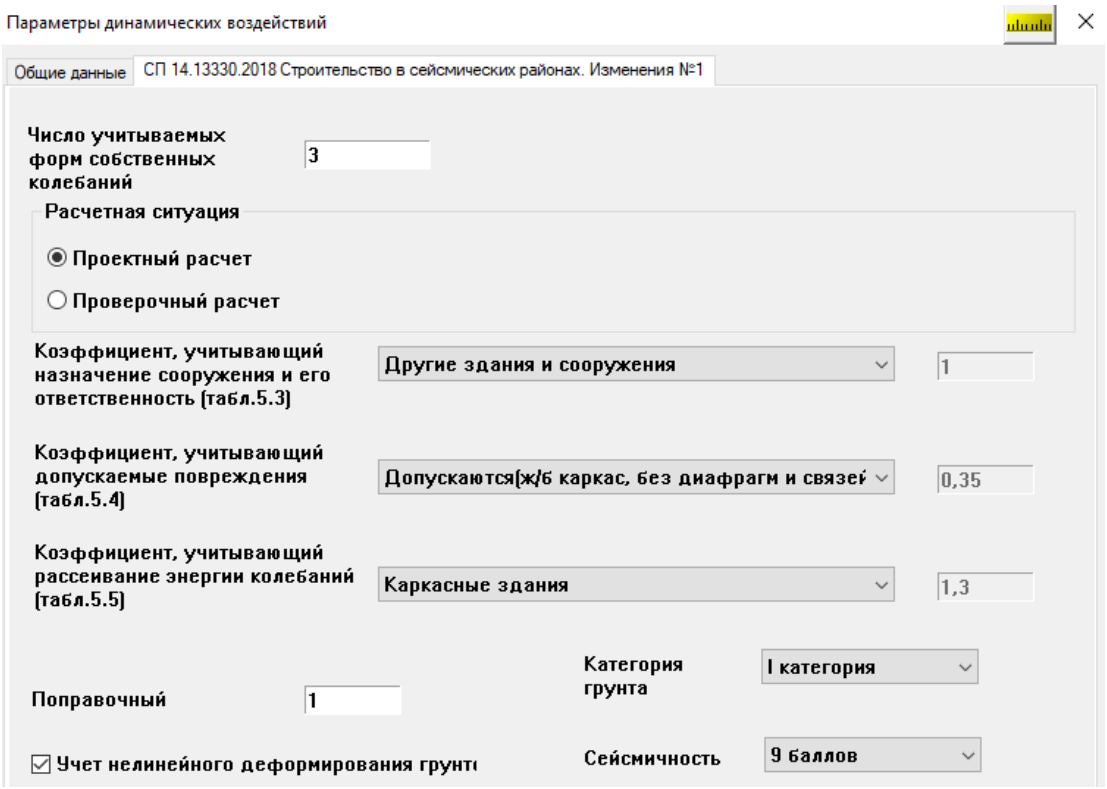


Рисунок 3.10 – Параметры сейсмического воздействия

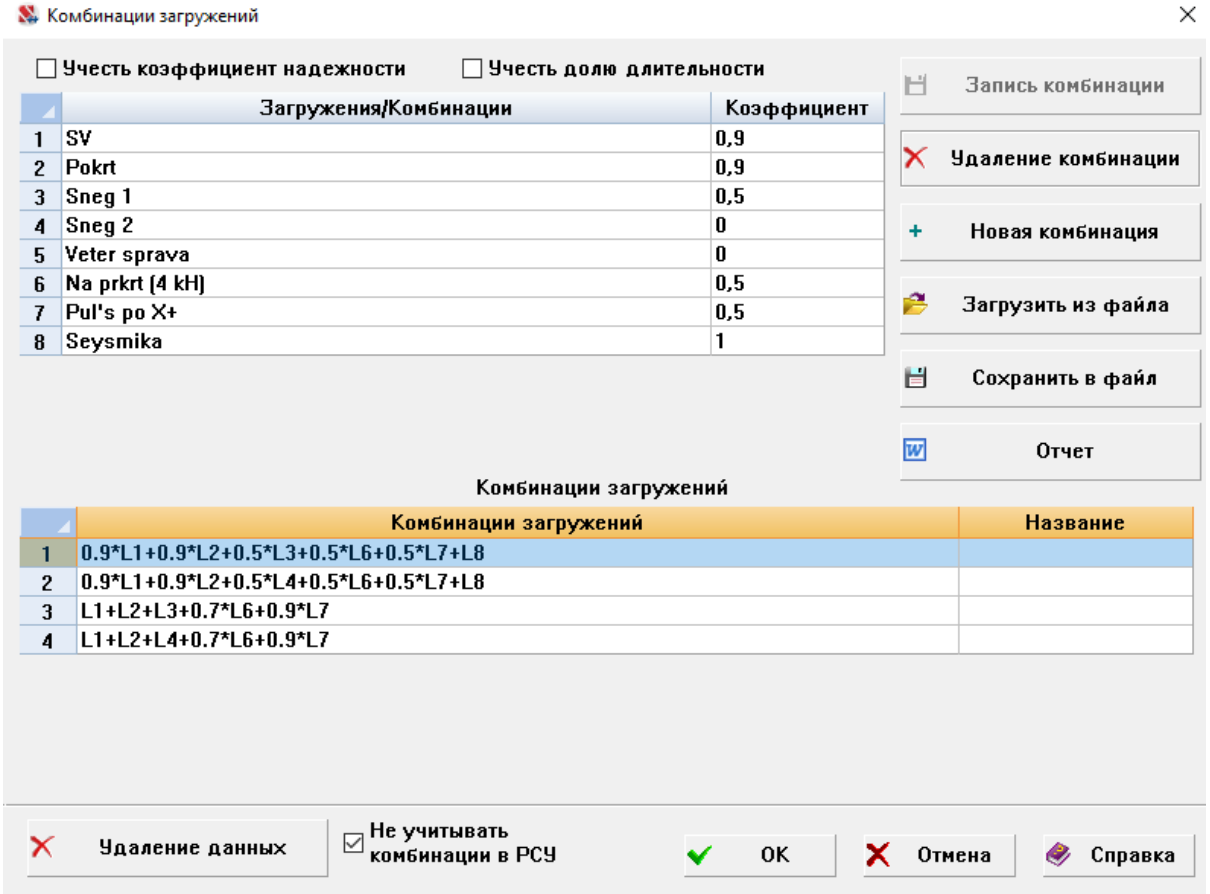
Так как нагрузки в работе задавались в нормативных значениях, все коэффициенты перерасчета будут равны 1 (в соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [4]).

3.5 Расчет в программном комплексе SCAD++

3.5.1 Задание комбинаций и параметров расчетных сочетаний усилий.

Комбинации загружений и параметры расчетных сочетаний усилий (РСУ), используемые для дальнейшего расчета, указаны на рисунке 3.11.

а



б

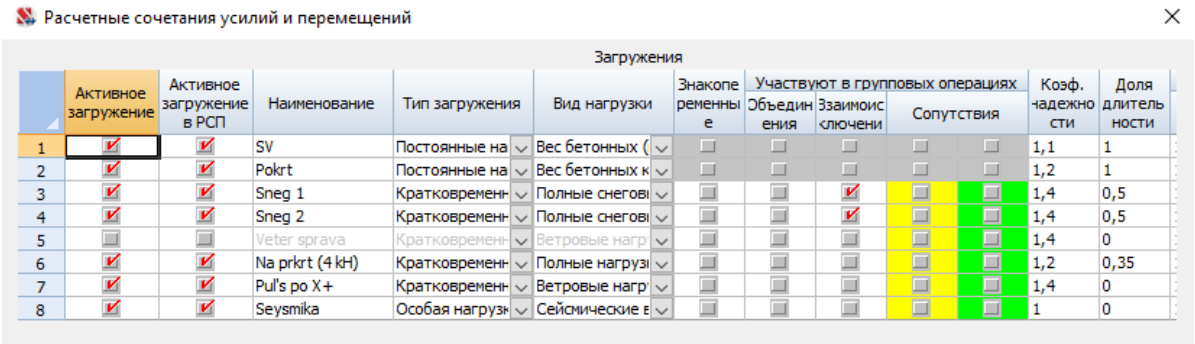


Рисунок 3.11 – Комбинации (а) и параметры расчетных сочетаний усилий (б)

Коэффициенты сочетания в комбинациях приняты в соответствии с разделом 6 СП 20.13330.2016 [4].

3.5.2 Назначение жесткостей сечений.

На основании результатов расчета назначим сечения всем конструктивным элементам (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Сечения конструктивных элементов схемы

Наименование	Сечение, мм		Запас прочности	Комбинация загружений
Конструкции из клееной древесины				
Верхний пояс		600x990	0,92	0,9L1+0,9L2+0,5L3+0,5L6+L8
Нижний пояс		600x825	0,93	0,9L1+0,9L2+0,5L3+0,5L6+L8
Решетка (стойки и раскосы)		250x600	-	-
Распорки		420x528	0,92	0,9L1+0,9L2+0,5L3+L8
Прогоны		160x264	0,891	0,9L1+0,9L2+0,5L3+0,5L6+L8
Связи		300x330	0,89	0,9L1+0,9L2+0,5L3+0,5L6+L8
Арки сплошного сечения пролетом 30-35 м		400x1300	0,93	0,9L1+0,9L2+0,5L3+0,5L6+L8
Конструкции из железобетона				
Колонны сектора А		∅1400		
Колонны сектора Б-Г		∅850		
Перекрытие		$t = 250$		
Конструкции из металла				
Главные балки сектора А, Г, (этаж 1)		940x30x 320x20*	0,964	L1+L2+0,9*L3+L6-0,7*L7
Главные балки сектора А, Г, (этаж 2)		940x30x 320x30*	0,965	0,9*L1+0,9*L2+L8
Главные балки сектора Б-В		940x30x 320x20*	0,951	L1+L2+0,9*L3+L6
Второстепенные балки		30Ш1	0,575	
* Сварной двутавр, размеры указаны в следующей последовательности: высота стенки, толщина стенки, ширина полки, толщина полки				

Группы конструктивных элементов и информация о них для железобетонных и металлических конструкций приведены в п. 3.8.

3.5.3 Анализ полученных результатов.

На рисунках 3.12–3.13 приведены деформированные схемы: вертикальные и горизонтальные перемещения.

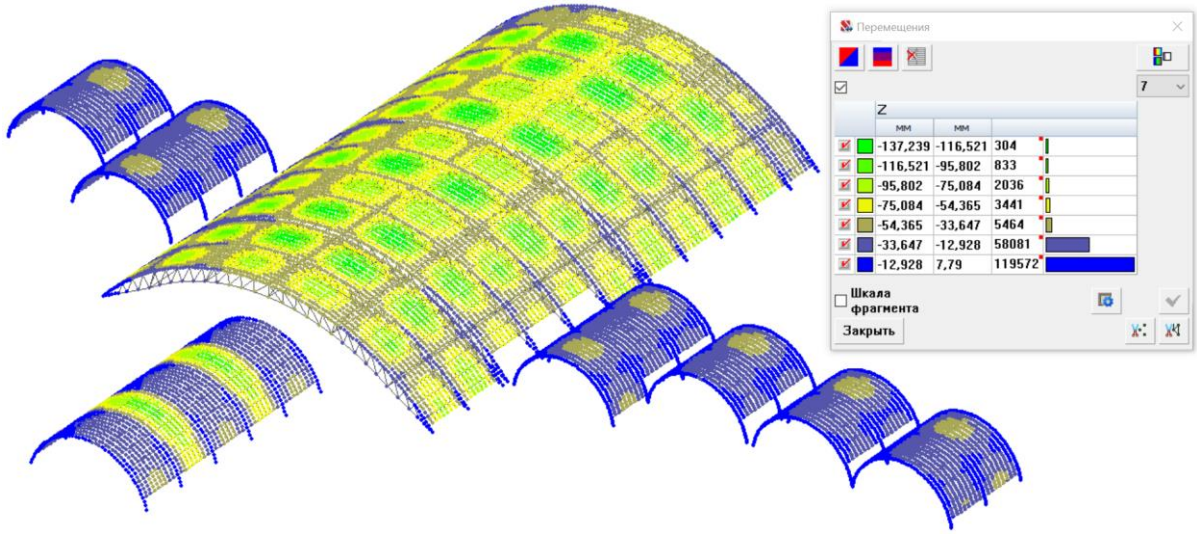
ПК SCAD++ отображает только абсолютные перемещения. Для получения корректного значения относительных, необходимо вычесть из значения перемещения в пролете конструкции значение перемещения на ее опоре.

Значение вертикальных прогибов f, мм, должны удовлетворять условию

$$f \leq f_u, \qquad 3.7$$

где f_u - вертикальный предельный прогиб, мм;

а



б

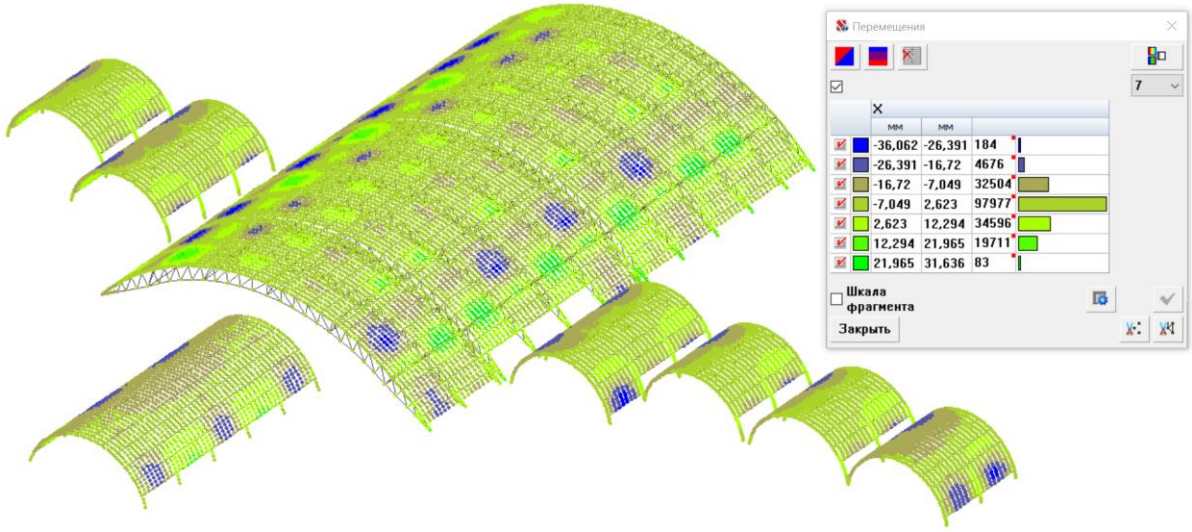


Рисунок 3.12 – Цветовая индикация величины перемещений в узлах покрытия: а – вертикальных, б – горизонтальных

Для балок и прогонов по эстетико-психологическим требованиям предельный вертикальный прогиб определяется интерполяцией по таблице Д.1 [4, прил. Д.2].

Принимаем: $f_u = l/220$ – для распорок пролетом 13,5 м; $f_u = l/170$ – для прогонов пролетом 4 м; $f_u = l/300$ – для решетчатых арок пролетом 100 и 35 м; $f_u = l/275$ – для арок пролетом 30 м; значения вертикальных перемещений f, м, принимаем по результатам расчета на деформации в ПК SCAD++.

Подставляем значения в формулу (3.7), получаем:

- для распорок

$$f = 60{,}084 \leq f_u = \frac{l}{220} = \frac{13500}{220} = 61{,}36 \text{ мм};$$

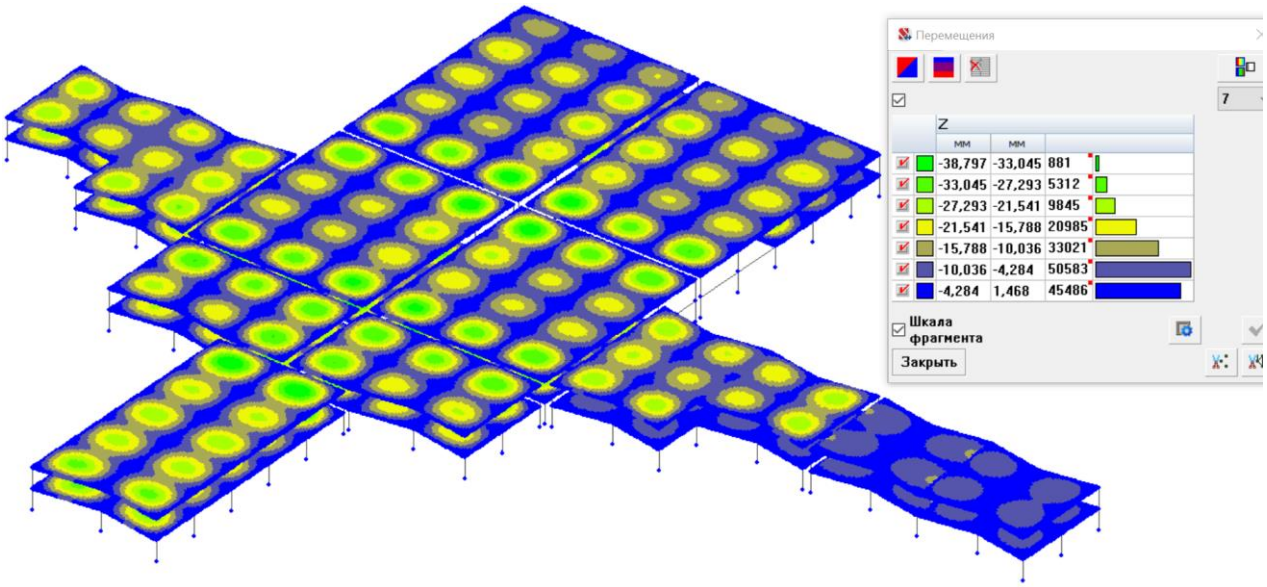
- для прогонов

$$f = 5{,}426 \leq f_u = \frac{4}{170} = 23{,}53 \text{ мм};$$

- для арок пролетом 100 м

$$f = 57{,}996 \leq f_u = \frac{100000}{300} = 333{,}33 \text{ мм};$$

а



б

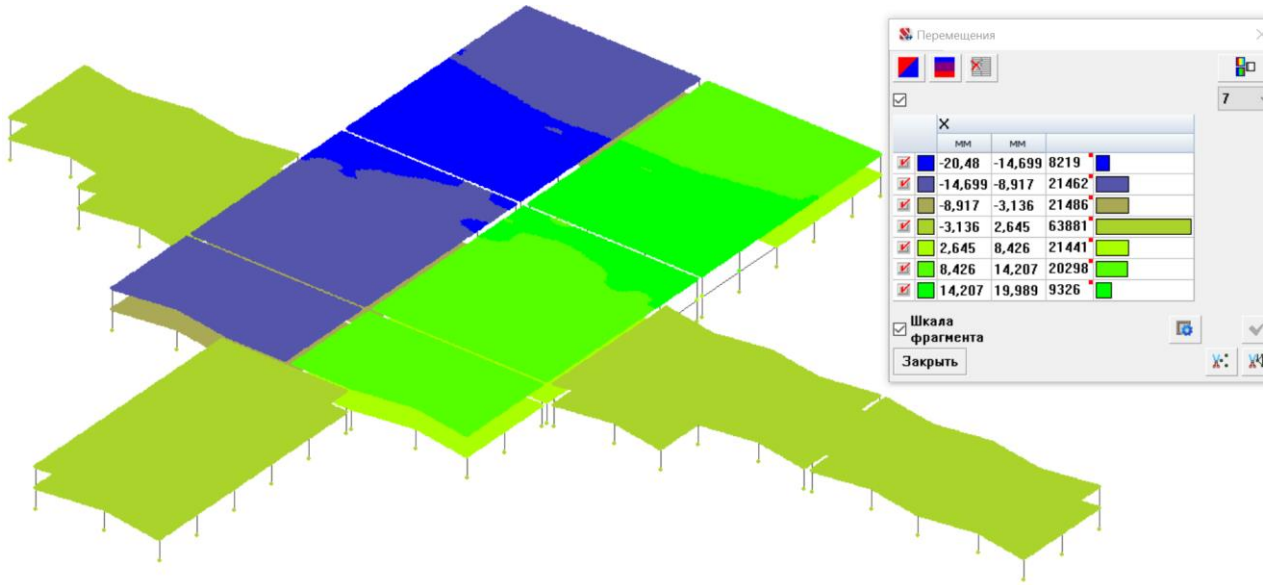


Рисунок 3.13 – Цветовая индикация величины перемещений в узлах каркаса: а – вертикальных, б – горизонтальных

- для арок пролетом 30 м

$$f = 23{,}932 \leq f_u = \frac{30000}{275} = 109{,}1 \text{ мм};$$

- для арок пролетом 35 м

$$f = 23{,}932 \leq f_u = \frac{l}{300} = \frac{35000}{300} = 116{,}7 \text{ мм}.$$

Значения прогибов удовлетворяют условию, сечения подобраны верно.

Аналогично покрытию проверяем выполнение условия для каркаса.

Принимаем: $f_u = l/230$ – для главных балок с максимальным пролетом 16,25 м; $f_u = l/220$ – для второстепенных балок с максимальным пролетом 13,5 м.

Подставляем значения в формулу (3.7), получаем:

- для главных балок

$$f = 14{,}021 \leq f_u = \frac{16250}{230} = 70{,}65 \text{ мм};$$

- для второстепенных балок

$$f = 37{,}931 \leq f_u = \frac{13500}{220} = 61{,}36 \text{ мм}.$$

Значения прогибов удовлетворяют условию, сечения подобраны верно.

Следовательно, жесткость и геометрическая неизменяемость здания обеспечены.

3.6 Проектирование деревянного покрытия. Проверка подобранных сечений.

Класс условий эксплуатации – 1б (сухой режим отапливаемых помещений, эксплуатационная влажность древесины не превышает 10%) [27, табл. 1].

Класс функционального назначения – 1а (несущие конструкции с пролетами более 100 м) [27, табл. А.1].

Долговечность: 100 лет и более (уникальные здания и сооружения).

Расчет сечений производим по СП 64.13330.2017 и сравниваем с результатами расчета в ПК SCAD++.

Клеи, допустимые для использования в зависимости от класса функционального назначения и класса эксплуатации:

- для древесины: на основе резорцинфенолформальдегидных смол или меламина с предварительным перемешиванием или раздельным нанесением компонентов;

- для древесины с металлом: на основе эпоксидных смол.

Защиту деревянных конструкций следует выполнять в соответствии с СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии [28].

Степень агрессивного воздействия биологически активных сред на древесину – неагрессивная (сухой режим, здание общественного назначения, равновесная влажность древесины не выше 15%).

Защита деревянных конструкций от биологической коррозии согласно [28, табл. Р.6] не требуется (неагрессивная среда, сухой режим).

Коэффициенты условий работы для расчета поясов большепролетной клееной арки:

- $m_{дл} = 0{,}66/0{,}92$ – коэффициент длительной прочности для режима нагружения В/Г [27, таблица 4];

- $m_{в} = 1$ – для класса условий эксплуатации конструкций 1б (сухой) [27, таблица 9];

- $m_{т} = 1$ – коэффициент для конструкций, эксплуатируемых при установившейся температуре воздуха ниже плюс 35 °С [27, п. 6.9, б];

- $m_{б} = 0{,}85$ – для сжато-изгибаемых клееных элементов прямоугольного сечения высотой 100 см [27, таблица 10];

- $m_{сл} = 1$ – коэффициент для толщины слоя 33 мм [27, таблица 11];

- $m_{гн} = 1$ – для гнутых элементов конструкций при отношении радиуса кривизны к толщине слоя больше 500 [27, таблица 12];

- $m_{с.с.} = 0{,}8$ – для срока службы 100 лет и более [27, таблица 13];

- $\gamma_n = 1{,}1$ – коэффициент надежности по ответственности для зданий повышенного уровня ответственности [5, таблица 2];

3.6.1 Верхний пояс.

Исходные данные.

Комбинация 1: $N_{max} = 1551{,}61$ кН; $M_{соот} = 167{,}83$ кНм.

Комбинация 2 (сейсмика): $M_{max} = 828{,}47$ кН; $N_{соот} = 900{,}38$ кНм.

Расчет на прочность по нормальным напряжениям внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{F_{расч}} + \frac{M_{Д}}{W_{расч}} \leq R_c\,, \qquad (3.8)$$

где $M_{Д}$ – изгибающий момент от действия поперечных и продольных нагрузок, допускается в расчете использовать вместо него изгибающий момент в расчетном сечении без учета дополнительного момента от продольной силы;

N – максимальная продольная нагрузка, кН· м;

$F_{расч}$ – расчетная площадь поперечного сечения, см^2;

$W_{расч}$ – момент сопротивления поперечного сечения, см^3;

R_c – расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон, МПа.

Расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон $R_c^{\text{р}}$, МПа, определяется по формуле

$$R_c^{\text{р}} = R_c^A \cdot m_{\text{дл}} \cdot \Pi m_i = R_c^A \cdot m_{\text{дл}} \cdot m_{\text{в}} \cdot m_{\text{т}} \cdot m_{\text{б}} \cdot m_{\text{сл}} \cdot m_{\text{гн}} \cdot m_{\text{с.с.}} / \gamma_n \,, \quad (3.9)$$

где R_c^A – то же, что и в формуле (3.8);

$m_{\text{дл}}$ – коэффициент длительной прочности;

$m_{\text{в}}$ – коэффициент класса условий эксплуатации конструкций;

$m_{\text{т}}$ – коэффициент, зависящий от установившейся температуры;

$m_{\text{б}}$ – коэффициент, зависящий от высоты сечения;

$m_{\text{сл}}$ – коэффициент, зависящий от толщины слоя;

$m_{\text{гн}}$ – коэффициент, зависящий от радиуса кривизны;

$m_{\text{с.с.}}$ – коэффициент, зависящий от срока службы;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности для зданий повышенного уровня ответственности.

Принимаем: $R_c^A = 21$ МПа; $m_{\text{дл}} = 0{,}66/0{,}92$; $m_{\text{в}} = 1$; $m_{\text{т}} = 1$; $m_{\text{б}} = 0{,}9$; $m_{\text{сл}} = 1$; $m_{\text{гн}} = 1$; $m_{\text{с.с.}} = 0{,}8$; $\gamma_n = 1{,}1$.

Подставляем значения в формулу (3.9), получаем

- расчетное сопротивление по первой комбинации:

$$R_c^{\text{р}} = 21 \cdot 0{,}66 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 8{,}57 \text{ МПа};$$

- расчетное сопротивление по второй комбинации:

$$R_c^{\text{р}} = 21 \cdot 0{,}92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 11{,}94 \text{ МПа}.$$

Поскольку в СП 64.13330.2017 нет информации по расчетной длине для элементов решетчатой арки, то примем расчетную длину по СП 16.13330.2017, исходя из п. 10.1, для поясов равной 4 метра – расстояние между стойками.

Гибкость элементов цельного сечения λ определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l_0}{r}, \quad (3.10)$$

где l_0 – расчетная длина, м;

r – радиус инерции сечения элемента с максимальными размерами брутто относительно осей x и y, м.

Принимаем: $l_0 = 4$ м; $r = 0{,}289h$, где $h = 990$ мм – высота сечения с учетом толщины ламелей (33 мм).

Подставляем значения в формулу (3.10), получаем

$$\lambda = \frac{4}{0{,}289 \cdot 0{,}99} = 13{,}98.$$

Т.к. гибкость элемента $\lambda = 13{,}98 < 70$, то коэффициент продольного изгиба φ определяется по формуле

$$\varphi = 1 - a\left(\frac{\lambda}{100}\right)^2, \tag{3.11}$$

где a – коэффициент для древесины;
λ – то же, что и в формуле (3.10).
Принимаем: $a = 0{,}8$; $\lambda = 13{,}98$.
Подставляем значения в формулу (3.11), получаем

$$\varphi = 1 - 0{,}8\left(\frac{13{,}98}{100}\right)^2 = 0{,}984.$$

Коэффициент ξ, изменяющийся от 1 до 0, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента, определяется по формуле

$$\xi = 1 - \frac{N}{\varphi \cdot R_c \cdot F_{\text{бр}}}, \tag{3.12}$$

где N – то же, что ив формуле (3.8);
φ – то же, что ив формуле (3.11);
R_c – то же, что ив формуле (3.9);
$F_{\text{бр}}$ – площадь сечения брутто, м^2.
Принимаем: $\varphi = 0{,}984$; $F_{\text{бр}} = 0{,}6 \cdot 0{,}99$ м^2;
- для первой комбинации: $N = 1551{,}61$ кН; $R_c = 8{,}57$ МПа;
- для второй комбинации: $N = 900{,}38$ кН; $R_c = 11{,}94$ МПа.
Подставляем значения в формулу (3.12), получаем:
- для первой комбинации

$$\xi = 1 - \frac{1551{,}61}{0{,}984 \cdot 8570 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}6} = 0{,}69;$$

- для второй комбинации

$$\xi = 1 - \frac{900{,}38}{0{,}984 \cdot 11940 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}6} = 0{,}87.$$

Изгибающий момент от действия поперечных и продольных нагрузок Mд, кНм, определяется по формуле

$$M\text{д} = \frac{M_{\text{расч}}}{\xi}, \tag{3.13}$$

где $M_{\text{расч}}$ – расчетный изгибающий момент, кНм;
ξ – то же, что ив формуле (3.12).
Принимаем:
- для первой комбинации: $\xi = 0{,}69$; $M_{\text{расч}} = 167{,}83$ кНм;
- для второй комбинации: $\xi = 0{,}87$; $M_{\text{расч}} = 828{,}47$ кНм.
Подставляем значения в формулу (3.13), получаем
- для первой комбинации:

$$M\text{д} = 167{,}83\ /0{,}69 = 243{,}23\ \text{кН} \cdot \text{м};$$

- для второй комбинации:

$$M\text{д} = 828{,}47/0{,}87 = 941{,}44\ \text{кН} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления поперечного сечения $W_{\text{расч}}$, м^3, определяется по формуле

$$W_{\text{расч}} = b \cdot h^2/6\,, \tag{3.14}$$

где b – ширина сечения, м;
h – высота сечения, м.
Принимаем: $b = 0{,}6$ м; $h = 0{,}99$ м.
Подставляем значения в формулу (3.14), получаем

$$W_{\text{расч}} = 0{,}6 \cdot 0{,}99^2/6 = 0{,}098\ \text{м}^3.$$

Расчет на прочность по нормальным напряжениям внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов выполним по формуле (3.1).
Принимаем: $F_{\text{расч}} = 0{,}99 \cdot 0{,}6$ м^2; $W_{\text{расч}} = 0{,}098$ м^3.
- для первой комбинации $N = 1551{,}61$ кН; Mд $= 243{,}23$ кНм;
- для второй комбинации $N = 828{,}47$ кН; Mд $= 941{,}44$ кНм.
Подставляем значения в формулу (3.1), получаем:
- для первой комбинации

$$\frac{1551{,}61}{0{,}99 \cdot 0{,}6} + \frac{243{,}23}{0{,}098} = 2612{,}14 + 2481{,}94 = 5094{,}08\ \text{кПа} < 8570\ \text{кПа};$$

- для второй комбинации

$$\frac{828{,}47}{0{,}99 \cdot 0{,}6} + \frac{941{,}44}{0{,}098} = 1394{,}73 + 9606{,}53 = 11001{,}26 \text{ кПа} < 11940 \text{ кПа}.$$

Условие выполняется.

3.6.2 Нижний пояс.

Исходные данные.

Комбинация 1: $N_{max} = 996{,}02$ кН; $M_{\text{соот}} = 3{,}12$ кНм.

Комбинация 2 (сейсмика): $M_{max} = 743{,}7$ кН; $N_{\text{соот}} = 353{,}12$ кНм.

Расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон определим по формуле (3.9).

Принимаем: $R_c^A = 21$ МПа; $m_{\text{дл}} = 0{,}66/0{,}92$; $m_{\text{в}} = 1$; $m_{\text{т}} = 1$; $m_{\text{б}} = 0{,}9$; $m_{\text{сл}} = 1$; $m_{\text{гн}} = 1$; $m_{\text{с.с.}} = 0{,}8$; $\gamma_n = 1{,}1$.

Подставляем значения в формулу (3.9), получаем:

- расчетное сопротивление по первой комбинации

$$R_c^{\text{р}} = 21 \cdot 0{,}66 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 9{,}07 \text{ МПа};$$

- расчетное сопротивление по второй комбинации

$$R_c^{\text{р}} = 21 \cdot 0{,}92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 12{,}65 \text{ МПа}.$$

Поскольку в СП 64.13330.2017 нет информации по расчетной длине для элементов решетчатой арки, то примем расчетную длину по СП 16.13330.2017 [29], исходя из п. 10.1, для поясов равной 4 метра – расстояние между стойками.

Гибкость элементов цельного сечения определим по формуле (3.10).

Принимаем: $l_0 = 4$ м; $r = 0{,}289 \cdot 0{,}825$, где 825 мм – высота сечения с учетом толщины ламелей (33 мм).

Подставляем в формулу (3.10), получаем:

$$\lambda = \frac{4}{0{,}289 \cdot 0{,}825} = 16{,}78.$$

Т.к. гибкость элемента $\lambda = 16{,}78 < 70$, то коэффициент продольного изгиба φ следует определять по формуле (3.11).

Принимаем: $a = 0{,}8$; $\lambda = 16{,}78$.

Подставляем значения в формулу (3.11), получаем

$$\varphi = 1 - 0{,}8\left(\frac{16{,}78}{100}\right)^2 = 0{,}977.$$

Коэффициент ξ, изменяющийся от 1 до 0, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента, рассчитываемый по формуле (3.12).

Принимаем: $\varphi = 0{,}977$; $F_{бр} = 0{,}6 \cdot 0{,}825$ м^2.

- для первой комбинации: $N = 996{,}02$ кН; $R_c = 9{,}07$ МПа;
- для второй комбинации: $N = 353{,}12$ кН; $R_c = 12{,}65$ МПа.

Подставляем значения в формулу (3.12), получаем:

- для первой комбинации

$$\xi = 1 - \frac{996{,}02}{0{,}977 \cdot 9070 \cdot 0{,}825 \cdot 0{,}6} = 0{,}77;$$

- для второй комбинации

$$\xi = 1 - \frac{353{,}12}{0{,}977 \cdot 12646 \cdot 0{,}825 \cdot 0{,}6} = 0{,}94.$$

Изгибающий момент от действия поперечных и продольных нагрузок Mд, кНм, определяется по формуле (3.13)

Принимаем:

- для первой комбинации: $\xi = 0{,}77$; $M_{расч} = 3{,}12$ кНм;
- для второй комбинации: $\xi = 0{,}94$; $M_{расч} = 743{,}7$ кНм.

Подставляем значения в формулу (3.13), получаем:

- для первой комбинации

$$M\text{д} = 3{,}12\ /0{,}77 = 4{,}05\ \text{кН} \cdot \text{м};$$

- для второй комбинации

$$M\text{д} = 743{,}7/0{,}94 = 791{,}17\ \text{кН} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления поперечного сечения $W_{расч}$, м^3, определяется по формуле (3.14)

Принимаем: $b = 0{,}6$ м; $h = 0{,}825$ м.

Подставляем значения в формулу (3.14), получаем

$$W_{расч} = b \cdot h^2/6 = 0{,}6 \cdot 0{,}825^2/6 = 0{,}068\ \text{м}^3$$

Расчет на прочность по нормальным напряжениям внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов выполним по формуле (3.8).

Принимаем: $F_{расч} = 0{,}825 \cdot 0{,}6$ м^2; $W_{расч} = 0{,}068$ м^3.

- для первой комбинации $N = 996{,}02$ кН; Mд $= 4{,}05$ кНм;

- для второй комбинации $N = 353{,}12$ кН; Mд $= 791{,}17$ кНм.

Подставляем значения в формулу (3.8), получаем:

- для первой комбинации

$$\frac{996{,}02}{0{,}825 \cdot 0{,}6} + \frac{4{,}05}{0{,}068} = 2012{,}16 + 59{,}56 = 2071{,}72 \text{ кПа} < 9070 \text{ кПа};$$

- для второй комбинации

$$\frac{353{,}12}{0{,}825 \cdot 0{,}6} + \frac{791{,}17}{0{,}068} = 713{,}4 + 11034{,}4 = 11747{,}8 \text{ кПа} < 12650 \text{ кПа}.$$

Условие выполняется.

3.6.3 Решетка (стойки и раскосы).

Определим сечение элементов раскосов и стоек решетчатых арок. Все элементы решетки проектируются с одинаковыми сечениями, той же ширины, что и нижний и верхний пояс – 600 мм.

Подберем высоту сечения раскосов и стоек h, мм, из условия предельной гибкости по формуле

$$h = \frac{l}{0{,}289 \cdot \lambda_{\text{пр}}}, \tag{3.15}$$

где l – длина элемента, мм;

$\lambda_{\text{пр}}$ – предельная гибкость.

Для раскосов принимаем: $l = 5235$ мм; согласно [27, табл. 16] $\lambda_{\text{пр}} = 120$.

Подставляем значения в формулу (3.15), получаем

$$h = \frac{5235}{0{,}289 \cdot 120} = 150{,}95 \text{ мм}.$$

Для стоек принимаем: $l = 3500$ мм; согласно [27, табл. 16] $\lambda_{\text{пр}} = 120$.

Подставляем значения в формулу (3.15), получаем

$$h = \frac{3500}{0{,}289 \cdot 120} = 100{,}92 \text{ мм}.$$

Принимаем сечение раскосов и стоек $bxh = 600$x250 мм для размещения достаточного количества болтов.

Проверку прочности принятого сечения раскосов и стоек осуществлять не будем, поскольку сечение достаточно массивное в сравнении с нагрузкой, которая на него приходится.

3.6.4 Распорки.

Распорки, к которым крепятся диагональные связи, подверженные усилиям растяжения $N_{max}^{p} = 593{,}5$ кН необходимо проверить по формуле

$$\frac{N}{F_{\text{расч}}} + \frac{M\text{д} \cdot R_p}{W_{\text{расч}} \cdot R_{\text{и}}} \leq R_p\ , \qquad (3.16)$$

где N – максимальное продольное растягивающее усилие, кН;

$F_{\text{расч}}$ – то же, что и в формуле (3.8), м^2;

$M_{\text{д}}$ – изгибающий момент от действия поперечных и продольных нагрузок, определяемый из расчета по деформированной схеме, кНм;

$W_{\text{расч}}$ – то же, что и в формуле (3.8), м^3;

R_p – расчетное сопротивление древесины растяжению, МПа;

$R_{\text{и}}$ – расчетное сопротивление древесины изгибу, МПа.

Расчетное сопротивление древесины определим по формуле (3.9).

Для этого принимаем: $R_c^A = 19{,}5$ МПа – для 2-го сорта; $m_{\text{дл}} = 0{,}92$; $m_{\text{в}} = 1$; $m_{\text{т}} = 1$; $m_{\text{сл}} = 1$; $m_{\text{гн}} = 1$; $m_{\text{с.с.}} = 0{,}8$ – для изгиба; $m_{\text{с.с.}} = 0{,}7$ – для растяжения; $\gamma_n = 1{,}1$.

Подставляем значения в формулу (3.9), получаем:

$$R_p^p = 19{,}5 \cdot 0{,}92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 13{,}05 \text{ МПа};$$

$$R_{\text{и}}^p = 19{,}5 \cdot 0{,}92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}7/1{,}1 = 11{,}42 \text{ МПа}.$$

Момент сопротивления поперечного сечения $W_{\text{расч}}$, м^3, определяется по формуле (3.14).

Принимаем: $b = 0{,}42$ м; $h = 0{,}429$ м.

Подставляем значения в формулу (3.14), получаем

$$W_{\text{расч}} = 0{,}42 \cdot \frac{0{,}429^2}{6} = 0{,}013 \text{ м}^3.$$

Принимаем: $N = 593{,}5$ кН; $M\text{д} = M_{max} = 99{,}24$ кНм; $W_{\text{расч}} = 0{,}013$ м^3; $R_p = 13{,}05$ МПа; $R_{\text{и}} = 11{,}42$ МПа; $F_{\text{расч}} = 0{,}429$ м $\cdot$ 0,42 м.

Подставляем значения в формулу (3.16), получаем

$$\frac{593{,}5}{0{,}429 \cdot 0{,}42} + \frac{99{,}24 \cdot 13{,}05}{0{,}013 \cdot 11{,}42} = 12017{,}37 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} < 13050 \text{ кПа}$$

Условие выполняется.

3.6.5 Прогоны.

Прогоны, как изгибаемые элементы, следует рассчитывать по двум предельным состояниям на прочность и прогиб. Значения максимальных прогибов должны быть не выше указанных в [4, прил. Д].

Значение вертикального предельного прогиба f_u для прогонов и проверка удовлетворения условия приведена в п. 3.5.3.

Расчет на прочность по нормальным напряжениям внецентренно сжатых и сжато-изгибаемых элементов выполняется по формуле (3.8).

Расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон определяется по формуле (3.9). Для этого принимаем: $R_c^A = 19{,}5$ МПа; $m_{\text{дл}} = 0{,}92$; $m_{\text{в}} = 1$; $m_{\text{т}} = 1$; $m_{\text{сл}} = 1$; $m_{\text{гн}} = 1$; $m_{\text{с.с.}} = 0{,}8$; $\gamma_n = 1{,}1$.

Подставляем значения в формулу (3.9), получаем

$$R_c^{\text{р}} = 19{,}5 \cdot 0{,}92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 13{,}05 \text{ МПа}.$$

Гибкость элементов цельного сечения λ определяется по формуле (3.10).

Принимаем: $l_0 = 4$ м; $r = 0{,}289 \cdot 0{,}264$, где 0,264 м – высота сечение с учетом толщины ламелей (33 мм).

Подставляем значения в формулу (3.10), получаем:

$$\lambda = \frac{4}{0{,}289 \cdot 0{,}264} = 52{,}43.$$

Т.к. гибкость элемента $\lambda = 52{,}43 < 70$, то коэффициент продольного изгиба φ следует определять по формуле (3.11)

Принимаем: $a = 0{,}8$; $\lambda = 52{,}43$.

Подставляем значения в формулу (3.11), получаем

$$\varphi = 1 - 0{,}8\left(\frac{52{,}43}{100}\right)^2 = 0{,}78.$$

Коэффициент ξ, изменяющийся от 1 до 0, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента, рассчитывается по формуле (3.12)

Принимаем: $F_{\text{бр}} = 0{,}16 \cdot 0{,}264$ м^2; $N = 194{,}24$ кН; $R_c = 13{,}05$ МПа, $\varphi = 0{,}78$.

Подставляем значения в формулу (3.12), получаем

$$\xi = 1 - \frac{194{,}24}{0{,}78 \cdot 13050 \cdot 0{,}16 \cdot 0{,}264} = 0{,}55.$$

Изгибающий момент от действия поперечных и продольных нагрузок Mд, кНм, определяется по формуле (3.13)

Принимаем: $\xi = 0{,}55$; $M_{\text{расч}} = 6{,}04$ кНм.

Подставляем значения в формулу (3.13), получаем

$$M\text{д} = 6{,}04/0{,}55 = 10{,}98 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления поперечного сечения $W_{\text{расч}}$, м^3, определяется по формуле (3.14)

Принимаем: $b = 0{,}16$ м; $h = 0{,}264$ м.

Подставляем значения в формулу (3.13), получаем

$$W_{\text{расч}} = 0{,}16 \cdot 0{,}264^2/6 = 0{,}00186 \text{ м}^3.$$

Принимаем: $N = 194{,}24$ кН; $M\text{д} = 10{,}98$ кНм; $F_{\text{расч}} = 0{,}264 \cdot 0{,}16$ м^2; $W_{\text{расч}} = 0{,}00186$ м^3.

Подставляем значения в формулу (3.8), получаем

$$\frac{194{,}24}{0{,}264 \cdot 0{,}16} + \frac{10{,}98}{0{,}00186} = 4598{,}5 + 5903{,}2 = 10501{,}7 \text{ кПа} \leq 13050 \text{ кПа}.$$

Условие выполняется.

Расчет на устойчивость плоской формы деформирования сжато-изгибаемых элементов выполняется по формуле

$$\frac{N}{\varphi \cdot R_c \cdot F_{\text{бр}}} + \left(\frac{M\text{д}}{W_{\text{бр}} \cdot R_{\text{и}} \cdot \varphi_M}\right)^n \leq 1\,, \qquad (3.17)$$

где N – расчетная продольная сила, кН;

φ – то же, что и в формуле (3.11);

R_c, $R_{\text{и}}$ – то же, что и в формуле (3.9);

$F_{\text{бр}}$ – площадь брутто, м^2;

Mд – то же, что и в формуле (3.13);

$W_{\text{бр}}$ – максимальный момент сопротивления брутто, м^3;

φ_M – коэффициент для изгибаемых элементов прямоугольного постоянного поперечного сечения, шарнирно закрепленных от смещения из плоскости изгиба и закрепленных от поворота вокруг продольной оси в опорных сечениях.

Коэффициент φ_M для изгибаемых элементов прямоугольного постоянного поперечного сечения вычисляется по формуле

$$\varphi_M = 140\frac{b^2}{l_p h}k_ф\,, \qquad (3.18)$$

где l_p – расстояние между опорными сечениями элемента, а при закреплении сжатой кромки элемента в промежуточных точках от смещения из плоскости изгиба – расстояние между этими точками, м;

h – максимальная высота поперечного сечения, м;

b – ширина поперечного сечения, м;

$k_ф$ – коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке, определяется по таблице Е.2 [27, прил. Е].

Принимаем $l_p = 4$ м; $hxb = 264x160$ мм; $k_ф = 1{,}75 - 0{,}75\alpha$, где $\alpha = 1$

Подставляем значения в формулу (3.18), получаем:

$$\varphi_M = 140\frac{0{,}16^2}{4 \cdot 0{,}264} \cdot (1{,}75 - 0{,}75 \cdot 1) = 3{,}4$$

Момент сопротивления поперечного сечения брутто определяется по формуле (3.13).

Принимаем: $b = 0{,}16$ м; $h = 0{,}264$ м.

Подставляем значения в формулу (3.13), получаем

$$W_{бр} = 0{,}16 \cdot 0{,}264^2/6 = 0{,}00186 \text{ м}^3.$$

Принимаем: $\varphi = 0{,}78$; $F_{бр} = 0{,}042$ м^2; $\varphi_M = 20{,}4$; $W_{бр} = 0{,}00186$ м^3; $R_c^р = R_и^р = 13050$ кПа.

Подставляем значения в формулу (3.17), получаем

$$\frac{194{,}26}{0{,}78 \cdot 13050 \cdot 0{,}042} + \left(\frac{10{,}98}{3{,}4 \cdot 13050 \cdot 0{,}00186}\right)^1 = 0{,}891 < 1.$$

Условие выполняется.

3.6.6 Связи.

Диагональные связи необходимо рассчитать, как центрально-сжатый элемент на прочность и устойчивость по формулам из п. 7.2 [27] на продольное сжимающее усилие $N_{max} = 899{,}2$ кН.

Проверка на прочность выполняется по формуле

$$\frac{N}{F_{\text{нт}}} \leq R_c\ , \qquad (3.19)$$

где R_c – то же, что и формуле (3.8);
N – то же, что и в формуле (3.8), кН· м;
$F_{\text{расч}}$ – площадь нетто поперечного сечения элемента.

Расчетное сопротивление древесины сжатию рассчитываем по формуле (3.9). Для этого принимаем: $R_c^A = 19{,}5$ МПа; $m_{\text{дл}} = 0{,}92$; $m_{\text{в}} = 1$; $m_{\text{т}} = 1$; $m_{\text{сл}} = 1$; $m_{\text{гн}} = 1$; $m_{\text{с.с.}} = 0{,}8$; $\gamma_n = 1{,}1$.

Подставляем значения в формулу (3.9), получаем

$$R_c^{\text{р}} = 19{,}5 \cdot 0{,}92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 13{,}05 \text{ МПа}.$$

Принимаем: $N = 899{,}2$ кН; $F_{\text{нт}} = 0{,}3 \cdot 0{,}33 = 0{,}099$ м^2; $R_c^{\text{р}} = 13{,}05$ МПа.

Подставляем значения в формулу (3.19), получаем

$$\frac{899{,}2}{0{,}099} = 9082{,}83 \text{ кПа} < 13050 \text{ кПа}.$$

Условие выполняется.

Проверка на устойчивость выполняется по формуле

$$\frac{N}{\varphi F_{\text{рас}}} \leq R_c\ , \qquad (3.20)$$

где R_c – то же, что и формуле (3.8);
N – то же, что и в формуле (3.8), кН· м;
$F_{\text{расч}}$ – расчетная площадь поперечного сечения элемента, принимаемая равной $F_{\text{бр}}$.

Гибкость элементов цельного сечения определяется по формуле (3.10).

Принимаем: $l_0 = 5$ м; $r = 0{,}289 \cdot 0{,}33$, где 0,33 м – высота сечение с учетом толщины ламелей (33 мм).

Подставляем значения в формулу (3.10), получаем

$$\lambda = \frac{5}{0{,}289 \cdot 0{,}33} = 52{,}43.$$

Т.к. гибкость элемента $\lambda = 47{,}66 < 70$, то коэффициент продольного изгиба φ следует определять по формуле (3.11).

Принимаем: $a = 0{,}8$; $\lambda = 52{,}43$.

Подставляем значения в формулу (3.11), получаем

$$\varphi = 1 - 0{,}8\left(\frac{52{,}43}{100}\right)^2 = 0{,}78.$$

Принимаем: $N = 899$ кН; $F_{\text{расч}} = F_{\text{бр}} = 0{,}099$; $\varphi = 0{,}78$; $R_c^{\text{р}} = 13{,}05$ МПа.

Подставляем значения в формулу (3.20), получаем

$$\frac{899{,}2}{0{,}78 \cdot 0{,}099} = 11644{,}65 \text{ кПа} < 13050 \text{ кПа}.$$

Условие выполняется.

Расчет центрально-растянутых элементов следует производить по формуле из п. 7.1 [27] на продольное растягивающее усилие $N_{max} = 677{,}16$ кН

$$\frac{N}{F_{\text{нт}}} \leq R_p\,, \tag{3.21}$$

где R_p – расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон;

N – то же, что и в формуле (3.8), кН· м;

$F_{\text{нт}}$ – то же, что и в формуле (3.20), кН· м

Принимаем: $R_p = 11{,}42$ МПа – коэффициент $m_{\text{с.с.}} = 0{,}7$ для растянутых элементов; $F_{\text{нт}} = 0{,}099$ м^2; $N = 677{,}16$ кН.

Подставляем значения в формулу (3.21), получаем

$$\frac{677{,}16}{0{,}099} = 6840 \text{ кПа} < 13050 \text{ кПа}.$$

Условие выполняется.

3.7 Расчет узлов деревянного покрытия

3.7.1 Опорный узел.

Опорный узел выполняется с использованием валкового (балансирного) шарнира.

Исходные данные для расчета.

$N_{max}^{\text{н}} = 1988{,}9$ кН; $Q_{\text{соот}}^{\text{н}} = 0{,}179$ кН

$N_{max}^{\text{в}} = 1526{,}3$ кН; $Q_{\text{соот}}^{\text{в}} = 0{,}775$ кН

Размер сечения верхнего пояса 990х600 мм, нижнего пояса – 825х600 мм.

Расчетное продольное усилие, воспринимаемое узлом от результирующего значения усилий с нижнего и верхнего пояса N_R, кН, определяется по формуле

$$N_R = \sqrt{F_в^2 \cdot F_н^2 + 2F_в F_н cos\alpha}\,, \qquad (3.22)$$

где $F_в$ – продольное усилие, приходящее с верхнего пояса, кН;
$F_н$ – продольное усилие, приходящее с нижнего пояса, кН;
α – угол между осями поясов, град.
Принимаем: $F_в = 1988{,}9$ кН; $F_н = 1526{,}3$ кН; $\alpha = 19°$.
Подставляем значения в формулу (3.22), получаем

$$N_R = \sqrt{1988{,}9^2 + 1526{,}3^2 + 2 \cdot 1988{,}9 \cdot 1526{,}3 \cdot cos19°} = 3471{,}75 \text{ кН}.$$

Требуемая площадь торцевого упора $F_{см}$, м^2, определяется из условия смятия древесины вдоль волокон от действия продольного усилия N по формуле

$$\sigma_{см} = N/F_{см} < R_{см\alpha}\,, \qquad (3.23)$$

где $\sigma_{см}$ – напряжение смятия, кПа;
$F_{см}$ – расчетная площадь смятия, м^2;
$N = N_R$ – продольное усилие, кН;
$R_{см}$ – расчетное сопротивление древесины смятию вдоль волокон, МПа.

Расчетное сопротивление древесины смятию вдоль волокон определяется по формуле

$$R_{см} = R^A \cdot m_{дл} \cdot \Pi m_i/\gamma_n\,, \qquad (3.24)$$

где R^A – то же, что и в формуле (3.8);
$m_{дл}$ – то же, что и в формуле (3.8);
Πm_i – произведение коэффициентов условий работы, принятых согласно п. 6.9 [27];
γ_n – то же, что и в формуле (3.8).
Принимаем: $R^A = 21$ МПа; $m_{дл} = 0{,}66$ для режима нагружения Г [27, табл. 4]; $\Pi m_i = m_в \cdot m_т \cdot m_б \cdot m_{сл} \cdot m_{гн} \cdot m_{с.с.} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 = 0{,}8$; $\gamma_n = 1{,}1$.
Подставляем значения в формулу (3.24), получаем

$$R_{см} = 21 \cdot 0{,}66 \cdot 0{,}8/1{,}1 = 10{,}08 \text{ МПа}.$$

Принимаем: $N_R = 3471{,}75$ кН; $F_{см} = 0{,}6 \cdot 0{,}9 = 0{,}54$ м^2; $R_{см} = 10{,}08$ МПа
Подставляем в формулу (3.23), получаем

$$\sigma_{см} = 3471{,}75/0{,}54 = 6429 \text{ кН/м}^2 = 6{,}43 \text{ МПа} < R_{см} = 10{,}08 \text{ МПа}.$$

Условие выполняется. Принимаем размер упорной плиты 900х600 мм.

Упорную плиту, на которую опираются пояса арки, рассчитываем на изгиб, как многопролетную шарнирно-опертую балку с расстоянием между опорами равным шагу ребер – $b = 190$ мм (см. рисунок 3.14).

Распределенная нагрузка, действующая на пластину, q, кН/м, определяется по формуле

$$q = \frac{N_R}{l}, \tag{3.25}$$

где l – длина пластины, м;

N_R – то же, что и в формуле (3.22).

Принимаем: $l = 0{,}9$ м; $N_R = 3471{,}75$ кН.

Подставляем значения в формулу (3.25), получаем

$$q = \frac{3471{,}75}{0{,}9} = 3857{,}5 \text{ кН/м}.$$

Максимальный изгибающий момент, действующий в середине пролета неразрезной балки M_{max}, кНм, определяется по формуле

$$M_{max} = \frac{qb^2}{11}, \tag{3.26}$$

где b – расстоянием между опорами (шаг ребер), м;

q – то же, что и в формуле (3.25).

Принимаем: $q = 3857{,}5$ кН/м; $b = 0{,}19$ м.

Подставляем значения в формулу (3.26), получаем

$$M_{max} = \frac{3857{,}5 \cdot 0{,}19^2}{11} = 12{,}66 \text{ кНм}.$$

Требуемая толщина пластины $t_п$, мм, определяется из условия ее работы на изгиб

$$t_п = \sqrt{\frac{6M_{max}}{R_y \cdot b \cdot \gamma_c}}, \tag{3.27}$$

где R_y – расчетное сопротивление стали изгибу по пределу текучести;

M_{max} – то же, что и в формуле (3.26);

b – то же, что и в формуле (3.26);

γ_c – коэффициент условий работы [29, табл. 1].

Принимаем: $R_y = 340 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ для стали С355; $\gamma_c = 1$; $b = 0{,}19$ м; $M_{max} = 12{,}66$ кНм.

Подставляем значения в формулу (3.27), получаем

$$t_{\text{п}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 12{,}66 \cdot 10^6}{340 \cdot 190 \cdot 1}} = 34{,}29 \text{ мм.}$$

Принимаем плиту толщиной 35 мм.

Требуемый радиус валикового шарнира (цапфы) $r_{\text{ш}}$, мм, определяется из расчета на местное смятие, исходя из п. 15.12.2 [29], по формуле

$$r_{\text{ш}} = \frac{N}{1{,}25 l_{\text{ш}} R_{lp}} \tag{3.28}$$

где $N = N_R$ – то же, что и в формуле (3.22);

R_{lp} – расчетное сопротивление стали местному смятию в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании, Н/мм^2;

$l_{\text{ш}}$ – длина шарнира, м.

Принимаем: $N_R = 3471{,}75$ кН; $l_{\text{ш}} = 600$ мм; $R_{lp} = 233$ Н/мм^2 для марки стали С355 [29, табл. В.6].

Подставляем значения в формулу (3.28), получаем

$$r_{\text{ш}} = \frac{3471{,}75 \cdot 10^3}{1{,}25 \cdot 600 \cdot 233} = 19{,}87 \text{ мм.}$$

Принимаем цилиндрический шарнир (цапфу) диаметром 50 мм. Отверстие под болт в проушине диаметром 52 мм.

Напряжение торца арки передается на шарнир через сварной профиль из пластин, имеющий три ребра.

Толщина проушины для полуарки t, мм, определяется из условия смятия металла шарнирным пальцем на основании формулы (187) [29, п. 14.2.9]

$$N_{bp} = R_{bp} d_b \Sigma t \gamma_b \gamma_c \,, \tag{3.29}$$

где R_{bp} – расчетное сопротивление одноболтового соединения смятию элементов, Н/мм^2;

R_u – расчетное сопротивление стали, МПа;

d_b – наружный диаметр стержня болта, м;

Σt – наименьшая суммарная толщина соединяемых элементов, сминаемых в одном направлении;

γ_c – коэффициент условий работы;

γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения.

Принимаем: $R_{bp} = 1{,}35R_u$ (болты класса точности В); $R_u = 490$ МПа (сталь С355); $d_b = 50$ мм; $\gamma_c = 1$ [29, табл. 1]; $\gamma_b = 1$ [29, табл. 41].

Выразим из формулы (3.29) толщину сминаемого элемента (проушины) и подставим значения параметров

$$\Sigma t = \frac{N_R}{R_{bp} d_b \gamma_b \gamma_c} = \frac{3471{,}75 \cdot 10^3}{1{,}35 \cdot 490 \cdot 10^6 \cdot 0{,}05 \cdot 1 \cdot 1} = 0{,}105 \text{ м} = 105 \text{ мм}.$$

Примем четыре ребра толщиной 30 мм каждое. Суммарная толщина составит 120 мм.

Определим толщину опорной плиты. Напряжение в плите σ_{max}, кН/см^2, определяется по формуле

$$\sigma_{max} = \frac{N}{LB}, \tag{3.30}$$

где $N = N_R$ – то же, что и в формуле (3.22);

L – длина опорной плиты, см;

B – ширина опорной плиты

Принимаем: $L = 134$ см; $B = 134$ см; $N = 3471{,}75$ кН.

Подставляем значения в формулу (3.30), получаем

$$\sigma_{max} = \frac{3471{,}75}{134 \cdot 134} = 0{,}193 \text{ кН/см}^2.$$

Момент определим для нескольких участков плиты, обозначенных на рисунке 3.14, б.

Для участка плиты номер 1, опертого по трем сторонам, отношение сторон $a_l/d_l = 200/160 = 1{,}25$, $\alpha_3 = 0{,}12$ [29, табл. Е.2].

Изгибающий момент M_3, кНм, действующих на полосе единичной ширины на участке, опертом по трем сторонам, определяется по формуле

$$M_3 = \alpha_3 \sigma (d_1)^2, \tag{3.31}$$

где σ – то же, что и в формуле (3.30);

d_1 – диагональ прямоугольника, см;

α_3 – коэффициент, зависящий от условий опирания и отношения размеров сторон участка плиты.

Принимаем: $\sigma = 0{,}193$ кН/см^2; $\alpha_3 = 0{,}12$; $d_1 = 25{,}6$ см.

Подставляем значения в формулу (3.31), получаем

$$M_3 = 0{,}12 \cdot 0{,}193 \cdot (25{,}6)^2 = 15{,}18 \text{ кН} \cdot \text{см/см}.$$

Для участка плиты номер 2, опертого по трем сторонам, отношение сторон $a_l/d_l = 170/270 = 0{,}63$, $\alpha_3 = 0{,}074$ [29, табл. Е.2].

Изгибающий момент M_3, кНм, действующих на полосе единичной ширины на участке, опертом по трем сторонам, определяется по формуле (3.31).

Принимаем: $\sigma = 0{,}193$ кН/см^2; $\alpha_3 = 0{,}078$; $d_1 = 32$ см.

Подставляем значения в формулу (3.31), получаем

$$M_3 = 0{,}078 \cdot 0{,}193 \cdot (32)^2 = 15{,}42 \text{ кН} \cdot \text{см/см}.$$

Для участка плиты номер 3, опертого по четырем сторонам, отношение сторон $b/a = 270/160 = 1{,}69$, $\alpha_1 = 0{,}091, \alpha_2 = 0{,}048$ [29, табл. Е.2].

Изгибающий момент M_a, кНм, и изгибающий момент M_b, кНм, в направлении короткой и длинной сторон соответственно определяются по формулам

$$M_a = \alpha_1 \sigma a^2 , \tag{3.32}$$

$$M_b = \alpha_2 \sigma a^2 , \tag{3.33}$$

где a – короткая сторона, см;

σ – то же, что и в формуле (3.30);

d_1 – то же, что и в формуле (3.31);

α_1, α_2 – коэффициенты, зависящие от условий опирания и отношения размеров сторон участка плиты.

Принимаем: $\sigma = 0{,}193$ кН/см^2; $\alpha_1 = 0{,}091$; $\alpha_2 = 0{,}048$; $a = 17$ см.

Подставляем значения в формулы (3.32) и (3.33), получаем

$$M_a = 0{,}091 \cdot 0{,}193 \cdot 17^2 = 5{,}07 \text{ кН} \cdot \text{см/см};$$

$$M_b = 0{,}048 \cdot 0{,}193 \cdot 17^2 = 2{,}68 \text{ кН} \cdot \text{см/см}.$$

Толщину опорной плиты определяем по формуле (3.27).

Принимаем: $M_{max} = 15{,}42$ кН $\cdot$ см/см, $R_y = 340\ H/\text{мм}^2$ для стали С355; $\gamma_c = 1$.

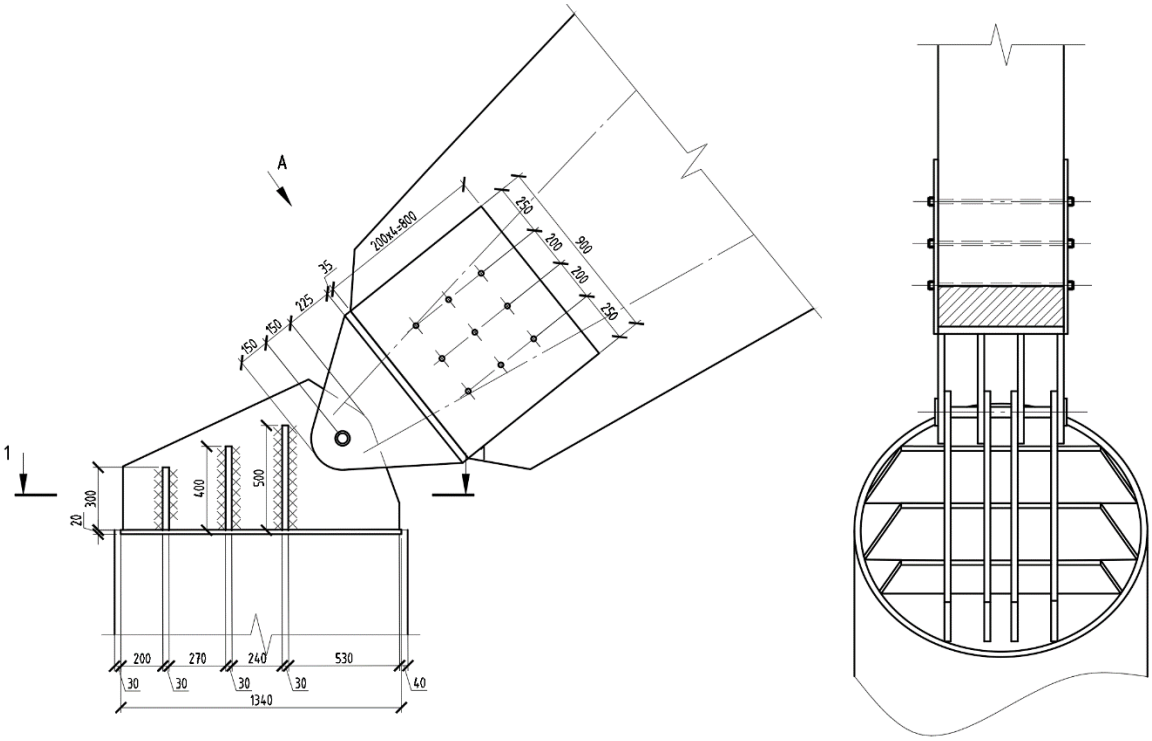
Подставляем значения в формулу (3.27), получаем

$$t_п = \sqrt{\frac{6 \cdot 15{,}42 \cdot 10^3}{340 \cdot 1}} = 16{,}5 \text{ мм}.$$

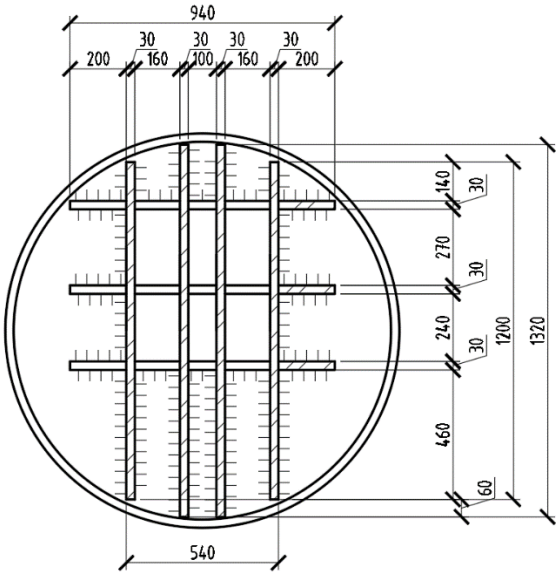
Принимаем толщину плиты равной 20 мм.

Опорная плита будет являться закладной деталью, в том числе выполняющей функцию анкерирующего устройства. Поэтому анкерные болты по краям плиты не устанавливаются.

а



б



а – вид сбоку; б – разрез в уровне шарнира

Рисунок 3.14 – Опорный узел

Рассчитаем количество нагелей, необходимое для крепления стального башмака. Нагели воспринимают перерезывающее усилие Q, кН.

Расчетная несущая способность T (кН) одного условного среза нагеля, согласно таблице 18 СП 64.13330.2017 [27], определяется как наименьшая величина из условий:

- смятие в средних элементах: $T = 0{,}5cd$;
- изгиб нагеля из арматуры А240: $T = (2{,}2d^2 + 0{,}025a^2)$,

здесь c – толщина среднего элемента, см;

d – диаметр нагеля, см;

a – толщина крайних элементов, см.

Смятие в крайних элементах не рассматривается, поскольку будут использоваться металлические накладки.

Принимаем: $c = 60$ см; $a = 2$ см; $d = 2{,}5$ см.

Подставляем в условия, получаем:

- смятие в средних элементах

$$T = 0{,}5 \cdot 60 \cdot 2{,}5 = 75 \text{ кН};$$

- изгиб нагеля из арматуры А240

$$T = (2{,}2 \cdot 2{,}5^2 + 0{,}025 \cdot 2^2) = 13{,}85 \text{ кН}.$$

Требуемое количество нагелей в соединении $n_{\text{н}}$, шт, определяется по формуле

$$n_{\text{н}} = \frac{Q}{T \cdot n_{\text{ш}}}, \tag{3.33}$$

где Q – максимальное перерезывающее усилие, кН;

T – наименьшая расчетная несущая способность, кН;

$n_{\text{ш}}$ – число расчетных швов одного нагеля, шт.

Принимаем: $Q = 240$ кН; $n_{\text{ш}} = 2$; $T = 13{,}85$ кН.

Подставляем значения в формулу (3.33), получаем

$$n_{\text{н}} = \frac{240}{13{,}85 \cdot 2} = 8{,}66 \approx 9 \text{ шт}.$$

Принимаем 9 нагелей $\emptyset 25\text{А}240$ для крепления башмака к арке.

Правила расстановки нагелей приведены в п. 8.20 [27].

3.7.2 Узел крепления на вклеенных стержнях 2 и 3 сегментов арки

Расчет произведен согласно СП 382.1325800.2017 «Конструкции деревянные клееные на вклеенных стержнях» [30].

Исходные данные для расчета.

- усилия в верхнем поясе:

$N_{max} = -1936{,}74$ кН; $M_{\text{соот}} = 81{,}17$ кН · м;

- усилия в нижнем поясе:

$N_{max} = -1250{,}69$ кН; $M_{\text{соот}} = 47{,}46$ кН · м;

- размер сечения верхнего пояса арки 990х600 мм, нижнего – 825х600 мм.

Согласно п. 9.4 [30], в сжатых стыках необходимо использовать соединение на V-образных анкерах, которые представляют собой комбинацию минимум из двух стержней, вклеенных наклонно по отношению к направлению волокон древесины, и образуют между собой внутренний угол.

Расчетная несущая способность, Т, МН, вклеиваемого под углом к волокнам стержня на выдергивание или продавливание в стыках КДК определяется по формуле

$$T = R^A \pi d_1 l_P k_c k_d k_\sigma m_d m_{\text{дл}} \Pi m_i \leq F_a R_a \quad (3.34)$$

где R^A – расчетное сопротивление древесины выдергиванию или продавливанию вклеенного стержня, МПа, принимаемое равным 6,8 МПа;

d_1 – диаметр отверстия, м;

l_P – расчетная длина стержня, м;

$$l_P = l - l_0 \leq 30d \quad (3.35)$$

l – длина заделываемой части, м;

$l_0 = 3d$ – глубина возможного снижения прочности клеевой прослойки при сварке;

d – диаметр вклеиваемого стержня, м;

k_c – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжений сдвига в зависимости от длины заделываемой части стержня, который следует определять по формуле

$$k_c = 1{,}2 - 0{,}02\frac{l_P}{d} \quad (3.36)$$

k_σ – коэффициент, зависящий от знака нормальных напряжений вдоль волокон в зоне установки стержней;

k_d – коэффициент, учитывающий зависимость расчетного сопротивления от диаметра стержня, который следует определять по формуле

$$k_d = 1{,}12 - 0{,}1d \quad (3.37)$$

F_a – площадь сечения стержня, м^2;

$R_a = 375$ МПа – расчетное сопротивление арматурной стали А400.

Расчетная несущая способность V-образного анкера определяется исходя из расчетной несущей способности вклеенных стержней анкера, определенной по формуле (3.43). Усилия в каждой ветви определяются путем разложения

усилий от внешней нагрузки по направлениям ветвей на усилие растяжения N_p, кН, и сжатия N_c, кН.

Максимальное усилие, приходящееся на один анкер N_a, кН, вычисляется по формуле

$$N_a = N_{\text{сд}}/(n \cdot k_{\text{с.р.}}) \ , \tag{3.38}$$

где $N_{\text{сд}}$ – усилие сдвига в детали стыка, кН;

n – количество V-образных анкеров;

$k_{\text{с.р.}}$ – коэффициент совместной работы анкеров.

Усилия в стыковых деталях $N_{\text{сд}}$, кН, от продольной силы N и изгибающего момента M равны

$$N_{\text{сд}} = N/2 + M/h_0 \ , \tag{3.39}$$

где h_0 – расстояние от центра пластины до центра точки приложения усилия N, м.

Принимаем: $h_0 = 0{,}445$ м – для верхнего пояса; $h_0 = 0{,}36$ м – для нижнего

- усилия в верхнем поясе:

$N_{max} = -1936{,}74$ кН; $M_{\text{соот}} = 81{,}17$ кН · м;

- усилия в нижнем поясе:

$N_{max} = -1250{,}69$ кН; $M_{\text{соот}} = 47{,}46$ кН · м.

Подставляем значений усилий в формулу (3.39), получаем значения верхнего и нижнего сдвиговых усилий для соответствующих поясов:

$$N_{\text{сд}}^{\text{в}} = 1936{,}74/2 + 81{,}17/0{,}445 = 1150{,}77 \text{ кН};$$

$$N_{\text{сд}}^{\text{н}} = 1250{,}69/2 + 47{,}46/0{,}360 = 757{,}18 \text{ кН}.$$

Предварительно принимаем по 3 V-образных анкера на каждой грани ребра в месте соединения. Так как стержни расположены в 2 ряда, в верхней и нижней частях расположено по 12 стержней.

Принимаем: $N_{\text{сд}}^{\text{в}} = 1150{,}77$ кН; $N_{\text{сд}}^{\text{н}} = 757{,}18$; $n = 12$; $k_{\text{с.р.}} = 0{,}75$.

Подставляем значения в формулу (3.38), получаем

$$N_a^{\text{в}} = 1150{,}77/(12 \cdot 0{,}75) = 127{,}86 \text{ кН};$$

$$N_a^{\text{н}} = 757{,}18/(12 \cdot 0{,}75) = 84{,}13 \text{ кН}.$$

Усилия растяжения N_p, кН, и сжатия N_c, кН, вычисляются по формулам

$$N_p = N_a/(cos\alpha + sin\alpha/tg\beta) \ , \tag{3.40}$$

$$N_c = N_a/(cos\alpha + sin\alpha/tg\beta)\ , \qquad (3.41)$$

где α, β – углы наклона стержней;

N_a – то же, что в формуле (3.38).

Принимаем: $\alpha = \beta = 45°$; $N_a^{в} = 127{,}86$ кН; $N_a^{н} = 84{,}13$ кН.

Подставляем значения в формулы (3.40) и (3.41), получаем верхние и нижние усилия растяжения и сжатия:

$$N_p^{в} = N_c^{в} = 127{,}86/(cos45° + sin45°/tg45°) = 90{,}41 \text{ кН};$$

$$N_p^{н} = N_c^{н} = 84{,}13/(cos45° + sin45°/tg45°) = 59{,}49 \text{ кН}.$$

Выполним проверку несущей способности соединения.

Проверка верхних стержней анкеров на действие усилий растяжения и сжатия.

Принимаем: $l = 480$ мм; $d = 16$ мм.

Подставляем значения в формулу (3.35), получаем

$$l_P = 0{,}48 - 3 \cdot 0{,}016 = 0{,}432 < 30 \cdot 0{,}012 = 0{,}48$$

Принимаем: $l_P = 0{,}432$ мм.

Подставляем значения в формулы (3.36) и (3.37), получаем

$$k_c = 1{,}2 - 0{,}02\frac{0{,}432}{0{,}016} = 0{,}66;$$

$$k_d = 1{,}12 - 0{,}1 \cdot 0{,}016 = 1{,}12.$$

Принимаем: $R^A = 6{,}8$ МПа согласно [27, п. 8.41]; $d_1 = 0{,}021$ мм; $k_c = 0{,}66$; $k_d = 1{,}12$; $l_P = 0{,}432$ м; $m_{дл}Пm_i = 0{,}449$; $F_a = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2; $R_a = 375$ МПа для стали А400.

Подставляем значения в формулу (3.34), получаем

$$T_p = 6{,}8 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}021 \cdot 0{,}432 \cdot 0{,}66 \cdot 1{,}12 \cdot 1 \cdot 0{,}449 = 0{,}0643 \text{ МН}$$
$$< 2 \cdot 10^{-4} \cdot 375 = 0{,}075 \text{ МН}.$$

К проверке принимаем $T_p = 0{,}0643$ МН $= 64{,}3$ кН.

Сравниваем усилия растяжения и сжатия в поясах с несущей способностью вклеиваемого стержня

$$N_p^{в} = N_c^{в} = 90{,}41 \text{ кН} > T_p = 64{,}3 \text{ кН}.$$

Условие не выполняется. Увеличим количество стержней до 18 шт.

Тогда максимальное усилие, приходящееся на один анкер N_a, кН, равно

$N_a^{\text{в}} = 1150{,}77/(18 \cdot 0{,}75) = 85{,}24$ кН.

Усилия растяжения и сжатия равны

$N_p^{\text{в}} = N_c^{\text{в}} = 85{,}24/(cos45° + sin45°/tg45°) = 60{,}27$ кН

$N_p^{\text{в}} = N_{\text{c}}^{\text{в}} = 60{,}27$ кН $< 64{,}3$ кН

Условие выполняется. Окончательно принимаем 18Ø16А400.

Проверка нижних стержней анкеров на действие усилий растяжения и сжатия.

Принимаем: $l = 480$ мм; $d = 16$ мм.

Подставляем значения в формулу (3.35), получаем

$l_P = 0{,}48 - 3 \cdot 0{,}016 = 0{,}432 < 30 \cdot 0{,}012 = 0{,}48$

Принимаем: $l_P = 0{,}432$ мм.

Подставляем значения в формулы (3.36) и (3.37), получаем

$$k_c = 1{,}2 - 0{,}02\frac{0{,}432}{0{,}016} = 0{,}66;$$

$$k_d = 1{,}12 - 0{,}1 \cdot 0{,}016 = 1{,}12.$$

Принимаем: $R^A = 6{,}8$ МПа согласно [27, п. 8.41]; $d_1 = 0{,}021$ мм; $k_c = 0{,}66$; $k_d = 1{,}12$; $l_P = 0{,}432$ м; $m_{\text{дл}} П m_i = 0{,}449$; $F_a = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2; $R_a = 375$ МПа для стали А400.

Подставляем значения в формулу (3.34), получаем

$$T_p = 6{,}8 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}021 \cdot 0{,}432 \cdot 0{,}66 \cdot 1{,}12 \cdot 1 \cdot 0{,}449 = 0{,}0643 \text{ МН} < 2 \cdot 10^{-4} \cdot 375 = 0{,}075 \text{ МН}.$$

К проверке принимаем $T_p = 0{,}0643$ МН $= 64{,}3$ кН.

$N_{\text{c}}^{\text{в}} = 59{,}49$ кН $< 64{,}3$ кН

Условие выполняется.

Окончательно принимаем в узле сопряжения сегментов арок 18Ø16 А400 и 12Ø16 А400 V-образных анкера, вклеенных под углом 45° и 135°.

Расположение стержней в узле представлено в графической части на листе 7.

Расчет толщины накладки.

Согласно п. 5.16 [31] стальные накладки, анкерные полосы и тяги с приваренными к ним наклонными вклеенными стержнями должны рассчитываться на растяжение с изгибом по формуле

$$\left[\frac{N_a}{F_{\text{нт}}R_a}\right]^2 + \frac{M_a}{cW_{\text{нт}}R_a} \leq 1, \tag{3.42}$$

где N_a – растягивающее усилие в стальной накладке, МН;

M_a – изгибающий момент, МНм, принимаемый $M_a = 24d^3$ - при стержнях из арматуры А-II; $M_a = 30d^3$ - при стержнях из арматуры А-III;

$F_{\text{нт}}$, $W_{\text{нт}}$ – площадь и момент сопротивления сечения нетто стальной накладки, м^2, м^3;

c – коэффициент, учитывающий пластическую стадию работы стальной накладки прямоугольного сечения;

R_a – расчетное сопротивление растяжению полосовой стали, МПа;

d – диаметр стержней, м.

Расчетные сопротивления при растяжении и сжатии листового, широкополосного универсального, сортового проката идентичны. Преобразуем в формулу

$$\left[\frac{N_a^{\text{в/н}}}{F_{\text{нт}}R_c}\right]^2 + \frac{M_a}{1{,}47 \cdot W_{\text{нт}}R_a} \leq 1, \tag{3.43}$$

где $N_a^{\text{в}} = N_{\text{сд}}^{\text{в}} = 1150{,}77$ кН – усилие в стальной накладке для верхнего пояса;

$N_a^{\text{н}} = N_{\text{сд}}^{\text{н}} = 757{,}18$ кН – усилие в стальной накладке для нижнего пояса;

$R_{\text{с}}$ – расчетное сопротивление растяжению полосовой стали.

Принимаем: $b = 0{,}4$ м и $t = 0{,}012$ м для верхнего пояса; $b = 0{,}32$ м и $t = 0{,}01$ м – для нижнего, $c = 1{,}47$; $R_{\text{с}} = 360$ МПа для стали С255.

Подставляем значения в формулу (3.43), получаем

$$\left[\frac{1{,}15}{0{,}4 \cdot 0{,}012 \cdot 360}\right]^2 + \frac{30 \cdot 0{,}016^3}{1{,}47 \cdot \frac{0{,}32 \cdot 0{,}012^2}{6} \cdot 360} = 0{,}722 \leq 1,$$

$$\left[\frac{0{,}76}{0{,}4 \cdot 0{,}01 \cdot 360}\right]^2 + \frac{30 \cdot 0{,}016^3}{1{,}47 \cdot \frac{0{,}32 \cdot 0{,}02^2}{6} \cdot 360} = 0{,}435 \leq 1,$$

Условия выполняются. Принимаем накладки толщиной 12 мм для верхнего пояса и 10 мм – для нижнего. Ширина накладок 400 мм.

3.7.3 Монтажный узел крепления на вклеенных стержнях фрагментов арки (на временных опорах).

Расчет произведен согласно СП 382.1325800.2017 «Конструкции деревянные клееные на вклеенных стержнях» [30].

Исходные данные для расчета.

- усилия в верхнем поясе:

$N_{max} = -1408{,}77$ кН; $M_{\text{соот}} = 34{,}07$ кН · м;

- усилия в нижнем поясе:

$N_{max} = -653{,}25$ кН; $M_{\text{соот}} = 0{,}93$ кН · м;

- размер сечения верхнего пояса арки 990х600 мм, нижнего – 825х600 мм.

Согласно п. 9.4 [30], в сжатых стыках необходимо использовать соединение на V-образных анкерах, которые представляют собой комбинацию минимум из двух стержней, вклеенных наклонно по отношению к направлению волокон древесины, и образуют между собой внутренний угол.

Расчетная несущая способность, Т, МН, вклеиваемого под углом к волокнам стержня на выдергивание или продавливание в стыках КДК определяется по формуле (3.34).

Усилия в стыковых деталях $N_{\text{сд}}$, кН, от продольной силы N и изгибающего момента M определяются по формуле (3.39)

Принимаем: $h_0 = 0{,}445$ м – для верхнего пояса; $h_0 = 0{,}36$ м – для нижнего

- усилия в верхнем поясе:

$N_{max} = -1408{,}77$ кН; $M_{\text{соот}} = 34{,}07$ кН · м;

- усилия в нижнем поясе:

$N_{max} = -653{,}25$ кН; $M_{\text{соот}} = 0{,}93$ кН · м;

Подставляем значений усилий в формулу (3.39), получаем значения верхнего и нижнего сдвиговых усилий для соответствующих поясов:

$$N_{\text{сд}}^{\text{в}} = 1408{,}77/2 + 34{,}07/0{,}445 = 780{,}95 \text{ кН};$$

$$N_{\text{сд}}^{\text{н}} = 653{,}25/2 + 0{,}93/0{,}360 = 329{,}21 \text{ кН}.$$

Предварительно принимаем по 3 V-образных анкера на каждой грани ребра в месте соединения. Так как стержни расположены в 2 ряда, в верхней и нижней частях расположено по 12 стержней.

Принимаем: $N_{\text{сд}}^{\text{в}} = 780{,}95$ кН; $N_{\text{сд}}^{\text{н}} = 329{,}21$; $n = 12$; $k_{\text{с.р.}} = 0{,}75$.

Подставляем значения в формулу (3.38), получаем

$$N_a^{\text{в}} = 780{,}95/(12 \cdot 0{,}75) = 86{,}77 \text{ кН};$$

$$N_a^{\text{н}} = 329{,}21/(12 \cdot 0{,}75) = 36{,}58 \text{ кН}.$$

Усилия растяжения N_p, кН, и сжатия N_c, кН, вычисляются по формулам (3.40) и (3.41).

Принимаем: $\alpha = \beta = 45°$; $N_a^{в} = 86{,}77$ кН; $N_a^{н} = 36{,}58$ кН.

Подставляем значения в формулы (3.40) и (3.41), получаем верхние и нижние усилия растяжения и сжатия:

$$N_p^{в} = N_c^{в} = 86{,}77/(cos45° + sin45°/tg45°) = 60{,}36 \text{ кН};$$

$$N_p^{н} = N_c^{н} = 36{,}58/(cos45° + sin45°/tg45°) = 25{,}86 \text{ кН}.$$

Выполним проверку несущей способности соединения.

Проверка верхних стержней анкеров на действие усилий растяжения и сжатия.

Принимаем: $l = 480$ мм; $d = 14$ мм.

Подставляем значения в формулу (3.35), получаем

$$l_P = 0{,}48 - 3 \cdot 0{,}014 = 0{,}438 > 30 \cdot 0{,}014 = 0{,}42$$

Принимаем: $l_P = 0{,}42$ мм.

Подставляем значения в формулы (3.36) и (3.37), получаем

$$k_c = 1{,}2 - 0{,}02\frac{0{,}42}{0{,}014} = 0{,}6;$$

$$k_d = 1{,}12 - 0{,}1 \cdot 0{,}014 = 1{,}12.$$

Принимаем: $R^A = 6{,}8$ МПа согласно [27, п. 8.41]; $d_1 = 0{,}019$ мм; $k_c = 0{,}6$; $k_d = 1{,}12$; $l_P = 0{,}42$ м; $m_{дл}Пm_i = 0{,}449$; $F_a = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2; $R_a = 375$ МПа для стали А400.

Подставляем значения в формулу (3.34), получаем

$$T_p = 6{,}8 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}019 \cdot 0{,}42 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}12 \cdot 1 \cdot 0{,}449 = 0{,}0514 \text{ МН}$$
$$< 2 \cdot 10^{-4} \cdot 375 = 0{,}075 \text{ МН}.$$

К проверке принимаем $T_p = 0{,}0514$ МН $= 51{,}4$ кН.

Сравниваем усилия растяжения и сжатия в поясах с несущей способностью вклеиваемого стержня

$$N_p^{в} = N_c^{в} = 60{,}36 \text{ кН} < T_p = 51{,}4 \text{ кН}.$$

Условие не выполняется. Увеличим количество стержней до 16 шт.

Тогда максимальное усилие, приходящееся на один анкер N_a, кН, равно

$N_a^{\text{в}} = 780{,}95/(16 \cdot 0{,}75) = 65{,}08$ кН.

Усилия растяжения и сжатия равны

$N_p^{\text{в}} = N_c^{\text{в}} = 65{,}08/(cos45° + sin45°/tg45°) = 46{,}02$ кН

$N_p^{\text{в}} = N_{\text{c}}^{\text{в}} = 46{,}02$ кН $< 51{,}4$ кН

Условие выполняется. Окончательно принимаем 16∅14А400.

Проверка нижних стержней анкеров на действие усилий растяжения и сжатия.

Принимаем: $l = 480$ мм; $d = 12$ мм.

Подставляем значения в формулу (3.35), получаем

$l_P = 0{,}48 - 3 \cdot 0{,}012 = 0{,}456 > 30 \cdot 0{,}012 = 0{,}36$

Принимаем: $l_P = 0{,}36$ мм.

Подставляем значения в формулы (3.36) и (3.37), получаем

$$k_c = 1{,}2 - 0{,}02\frac{0{,}36}{0{,}012} = 0{,}6;$$

$k_d = 1{,}12 - 0{,}1 \cdot 0{,}012 = 1{,}12.$

Принимаем: $R^A = 6{,}8$ МПа согласно [27, п. 8.41]; $d_1 = 0{,}017$ мм; $k_c = 0{,}6$; $k_d = 1{,}12$; $l_P = 0{,}36$ м; $m_{\text{дл}}Пm_i = 0{,}449$; $F_a = 2 \cdot 10^{-4}$ м^2; $R_a = 375$ МПа для стали А400.

Подставляем значения в формулу (3.34), получаем

$$T_p = 6{,}8 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}017 \cdot 0{,}36 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}12 \cdot 1 \cdot 0{,}449 = 0{,}0394 \text{ МН} < 2 \cdot 10^{-4} \cdot 375 = 0{,}075 \text{ МН}.$$

К проверке принимаем $T_p = 0{,}0394$ МН $= 39{,}4$ кН.

Сравниваем усилия растяжения и сжатия в поясах с несущей способностью вклеиваемого стержня

$N_{\text{c}}^{\text{в}} = 25{,}86$ кН $< 39{,}4$ кН

Условие выполняется.

Окончательно принимаем в узле сопряжения сегментов арок 16∅14 А400 V-образных анкера длиной 420 мм на верхнем поясе и 12∅12 А400 V-образных анкера длиной 360 мм– на нижнем, вклеенных под углом 45° и 135°.

Расположение стержней в узле для верхнего пояса представлено в графической части на листе 7.

Расчет толщины накладки.

Стальные накладки, анкерные полосы и тяги с приваренными к ним наклонными вклеенными стержнями рассчитываются по формуле (3.43).

Принимаем: $b = 0{,}4$ м и $t = 0{,}01$ м для верхнего пояса; $b = 0{,}40$ м и $t = 0{,}01$ м – для нижнего, $c = 1{,}47$; $R_c = 360$ МПа для стали С255.

Подставляем значения в формулу (3.43), получаем

$$\left[\frac{1{,}15}{0{,}4 \cdot 0{,}01 \cdot 360}\right]^2 + \frac{30 \cdot 0{,}014^3}{1{,}47 \cdot \frac{0{,}4 \cdot 0{,}014^2}{6} \cdot 360} = 0{,}652 \leq 1,$$

$$\left[\frac{0{,}76}{0{,}4 \cdot 0{,}01 \cdot 360}\right]^2 + \frac{30 \cdot 0{,}012^3}{1{,}47 \cdot \frac{0{,}32 \cdot 0{,}012^2}{6} \cdot 360} = 0{,}435 \leq 1,$$

Условия выполняются. Принимаем накладки толщиной 10 мм для верхнего и нижнего пояса. Ширина накладок 400 мм.

3.7.4 Узел крепления стоек и раскосов к поясам на нагелях.

Крепление раскосов и стоек проектируем на стальных цилиндрических нагелях с металлической накладкой.

Исходные данные для расчета.

Расчет производим для наибольшего усилия N_{max}:

- пластина в узле соединения 2 и 3 сегмента $N_{max} = 92{,}08$ кН;
- пластина в монтажном узле $N_{max} = 142{,}5$ кН.

Сечение стоек и раскосов 250х600 мм.

Расчетную несущую способность цилиндрического нагеля на один шов сплачивания следует определять по таблице 18 [27].

Расчетная несущая способность на один шов сплачивания для симметричной схемы соединения и стального нагеля:

- смятие в средних элементах: $0{,}5cd = 0{,}5 \cdot 60 \cdot 1{,}6 = 48$ кН;
- изгиб нагеля: $2{,}2d^2 + 0{,}025a^2 = 2{,}2 \cdot 1{,}6^2 + 0{,}025 \cdot 1{,}5^2 = 5{,}688$ кН,

здесь c – толщина среднего элемента, см;

d – диаметр нагеля, см;

a – толщина крайних элементов, см.

Расчетная несущая способность – наименьшее значение из приведенных трех: $T = T_{min} = 5{,}688$ кН

Количество нагелей в соединении определяется по формуле (3.33).

Принимаем для первого узла: $Q = 92{,}08$ кН; $n_ш = 2$; $T = 5{,}688$ кН.

Подставляем значения в формулу (3.33), получаем

$$n_{н} = \frac{92,08}{5,688 \cdot 2} = 7,97$$

Принимаем $8\emptyset 16A240$.

Принимаем для второго узла: $Q = 142,5$ кН; $n_{ш} = 2$; $T = 5,688$ кН.
Подставляем значения в формулу (3.33), получаем

$$n_{н} = \frac{142,5}{5,688 \cdot 2} = 12,5$$

Принимаем $13\emptyset 16A240$.
Правила расстановки приведены в п. 8.20 [27].
Расстояние между осями цилиндрических нагелей вдоль волокон древесины S_1, поперек волокон S_2 и от кромки элемента S_3 следует принимать для стальных нагелей не менее: $S_1 = 7d$; $S_2 = 3,5d$; $S_3 = 3d$.

3.8 Проектирование комбинированного железобетонного и металлического каркаса

Деревянное покрытие, несущими конструкциями которого являются решетчатые арки, опирается на двухэтажный каркас. Каркас состоит из железобетонных колонн круглого сечения, расположенных с шагом 13,5 метров вдоль буквенных осей и с шагом 16,25 метров – вдоль цифровых – для сектора А, 15 м – для секторов Б-Г. Диаметр колонн сектора А равен 1400 мм, секторов Б-Г – 850 мм.

Главные балки из сварного двутавра высотой 1000 мм расположены по сетке колонн. Второстепенные балки из прокатного двутавра 30Ш1 расположены с шагом 3250 мм в секторе А, с шагом 3000 мм в секторах Б-В и 3500 мм в секторе Г.

Жесткость и геометрическая неизменяемость проверены в 3.5.3 настоящей работы.

3.8.1 Подбор сечений металлических балок.

По результатам расчета металлических элементов каркаса, были получены сечения, указанные в таблице 3.6.

Результаты экспертизы из ПК SCAD++ приведены на рисунках 3.15-3.17.

Таблица 3.6 – Сечения металлических элементов каркаса

Наименование элемента	Сечение, мм		Запас прочности	Определяющий фактор	Комбинация загружений
Главные балки сектора А, Г, (этаж 1)	I	940x30x 320x20*	0,964	Прочность при действии поперечной силы	L1+L2+0,9*L3+L6-0,7*L7
Главные балки сектора А, Г, (этаж 2)		940x30x 320x30*	0,965	Прочность при действии поперечной силы	0,9*L1+0,9*L2+L8
Главные балки сектора Б-В		940x30x 320x20*	0,951	Прочность при действии поперечной силы	L1+L2+0,9*L3+L6
Второстепенные балки		30Ш1	0,575	Величина прогиба	-
* Сварной двутавр, размеры указаны в следующей последовательности: высота стенки, толщина стенки, ширина полки, толщина полки					

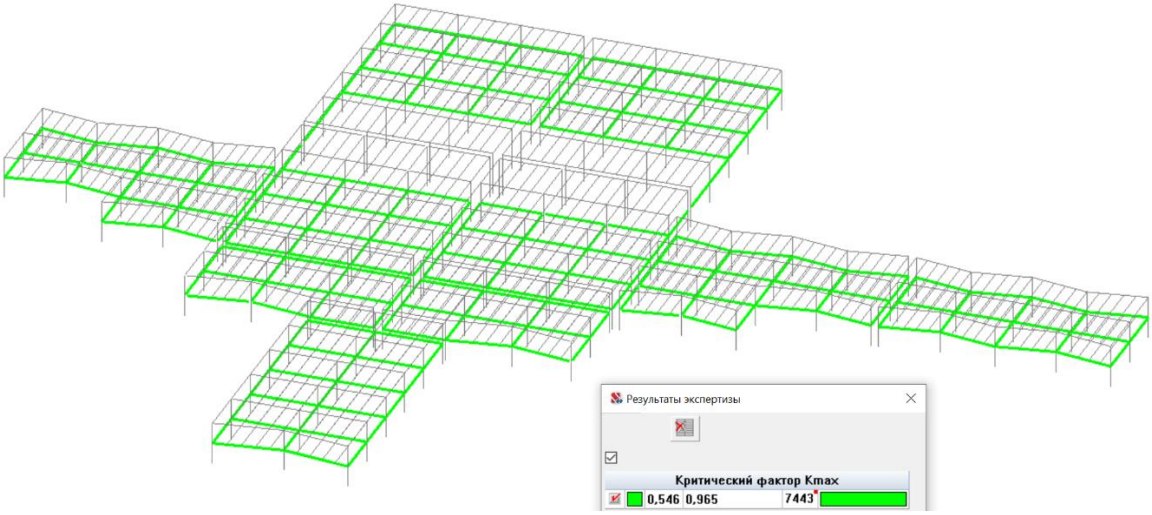


Рисунок 3.15 – Главные балки первого этажа. Критический фактор

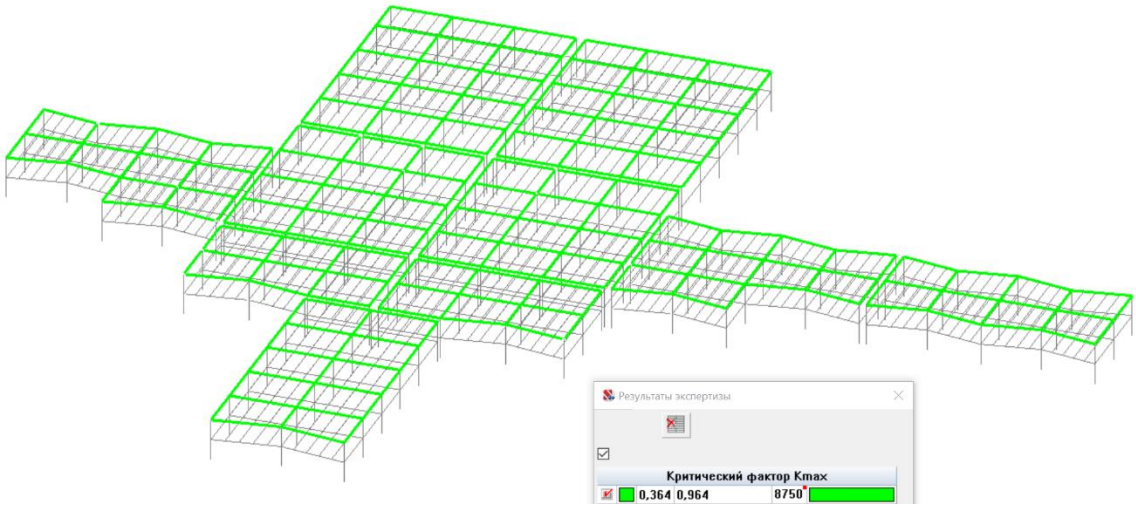


Рисунок 3.16 – Главные балки второго этажа. Критический фактор

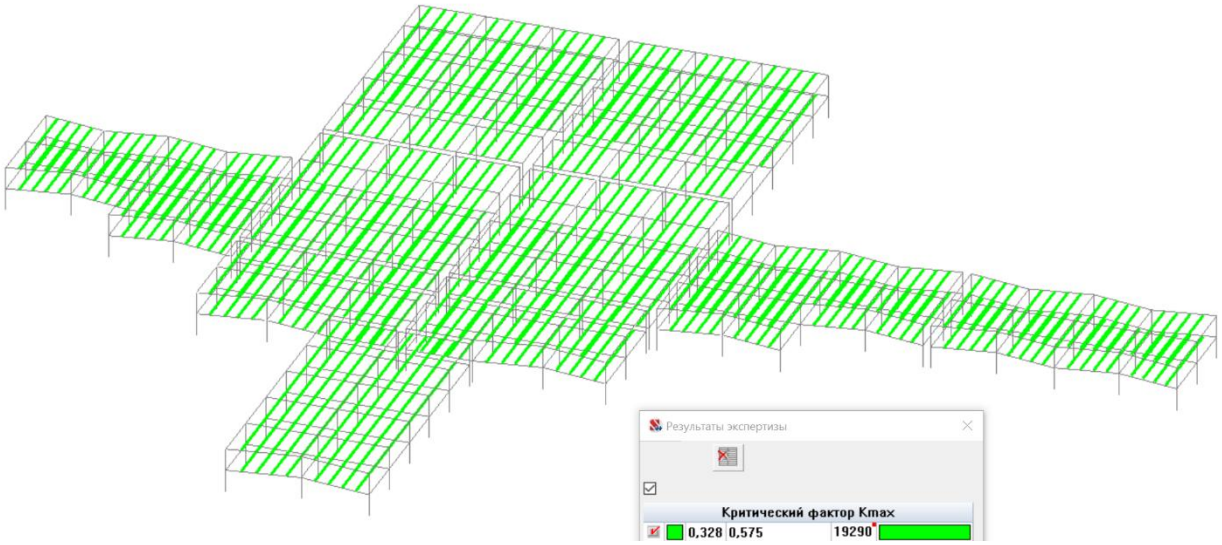


Рисунок 3.17 – Второстепенные балки. Критический фактор

3.8.2 Подбор армирования монолитных колонн и плит.

Класс арматуры продольных стержней для колонн назначаем А500, класс поперечной арматуры - А240. Класс продольной и поперечной арматуры для плит – А500.

Армирование производим в соответствии с требованиями [34] с применением ПК SCAD++.

Информация о группах армирования сведена в таблицу 3.7.

Нормы проектирования: СП 63.13330.2018 с изменениями №1.

Нормы по надежности: ГОСТ 27751-2014.

Таблица 3.7 – Информация о группах армирования

Характеристика	**Колонны 1 этажа**	**Колонны 2 этажа**	**Плиты 1 этажа**	**Плиты 2 этажа**
1	**2**	**3**	**4**	
Группа армирования пластин	-	-	+	+
Группа армирования стержней	+	+	-	-
Тип элемента	Сжато-изогнутый (растянутый)	Сжато-изогнутый (растянутый)	Оболочка	Оболочка
Напряженное состояние	Косой изгиб	Косой изгиб	-	-
Расстояние до ц.т. арматуры, мм				
a_1	40	40	30	30
a_2	40	40	30	30
a_3	-	-	0	0
a_4	-	-	0	0
Максимальный процент армирования	10	10	10	10
Коэффициент надежности по ответственности	1,1	1,1	1,1	1,1
Дополнительные коэффициенты условий работы				
- нормальных сечений при сейсмике	0	0	0	0
- наклонных сечений при сейсмике	0	0	0	0

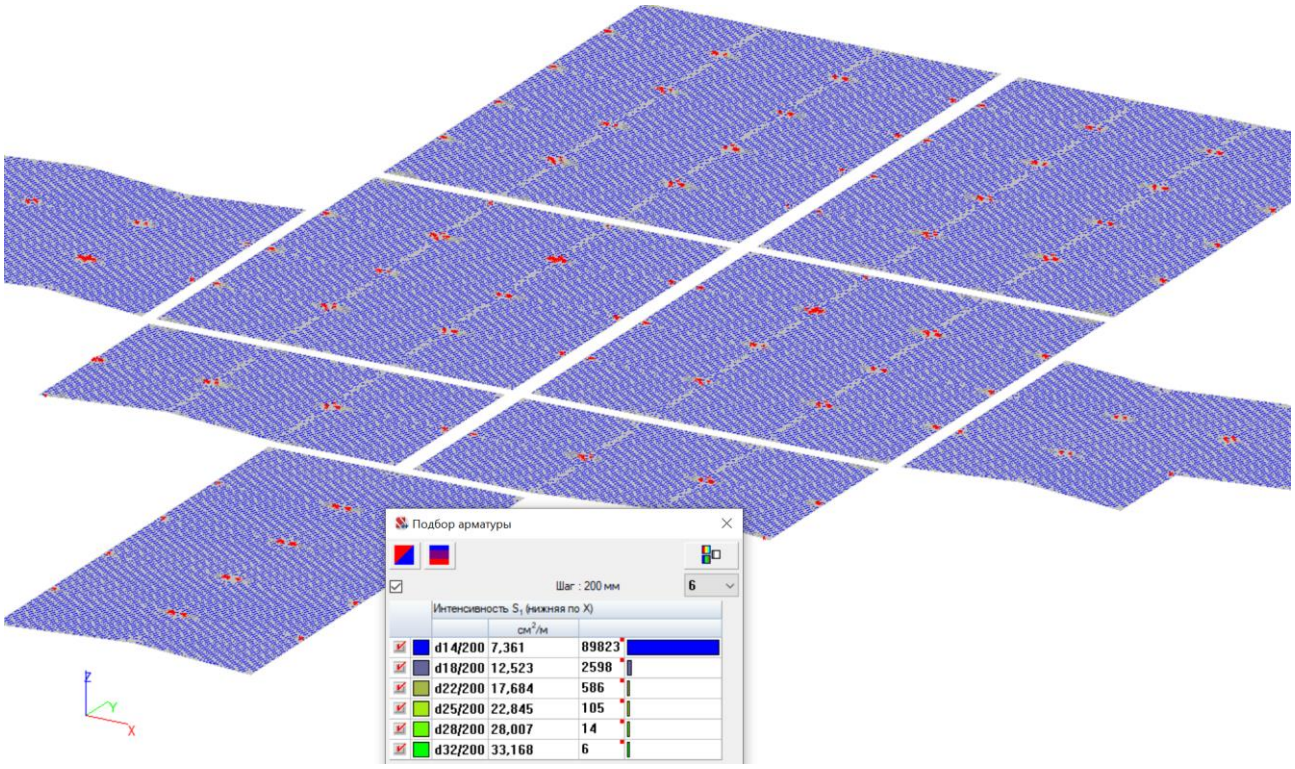
Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5
- снижения граничной относительной высоты сжатой зоны	-	-	0,85	0,85
- бетона при особых (не сейсмических) воздействиях	1	1	1	1
- арматуры при особых (не сейсмических) воздействиях	1,1	1,1	1,1	1,1
- коэффициент понижающий расчетное сопротивление	1	1	1	1
Коэффициенты расчетной длины				
- в плоскости X_1OZ_1	0,8	0,8	-	-
- в плоскости X_1OY_1	0,8	0,8	-	-
Класс арматуры				
- продольной	А500	А500	А500	А500
- поперечной	А240	А240	А500	А500
Коэффициент условий работы арматуры				
- продольной	1	1	1	1
- поперечной	1	1	1	1
Максимально допустимый диаметр арматуры, мм				
- продольной	40	40	-	-
- поперечной	-	-	-	-
Класс бетона	В30	В30	В30	В30
Вид бетона	Тяжелый	Тяжелый	Тяжелый	Тяжелый
Марка по средней плотности	-	-	-	-
Заполнитель бетона	-	-	-	-
Условия твердения	Естественное	Естественное	Естественное	Естественное
Коэффициент условий твердения	1	1	1	1
Коэффициенты условий работы бетона				
- учет нагрузок длительного действия g_{b1}	0,9	0,9	0,9	0,9
- учет характера разрушения	1	1	1	1
- учет вертикального положения при бетонировании	1	1	1	1
- учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур	1	1	1	1
Трещиностойкость	Ограниченная ширина раскрытия трещин	Ограниченная ширина раскрытия трещин	-	-
Условия эксплуатации конструкции	В помещении	В помещении	-	-
Режим влажности бетона	Естественная влажность	Естественная влажность	-	-
Допустимая ширина раскрытия трещин, мм				
- непродолжительное раскрытие	0,4	0,4	-	-
- продолжительное раскрытие	0,3	0,3	-	-
Учитывать сейсмические воздействия при расчете по второй группе предельных состояний	+	+	-	-

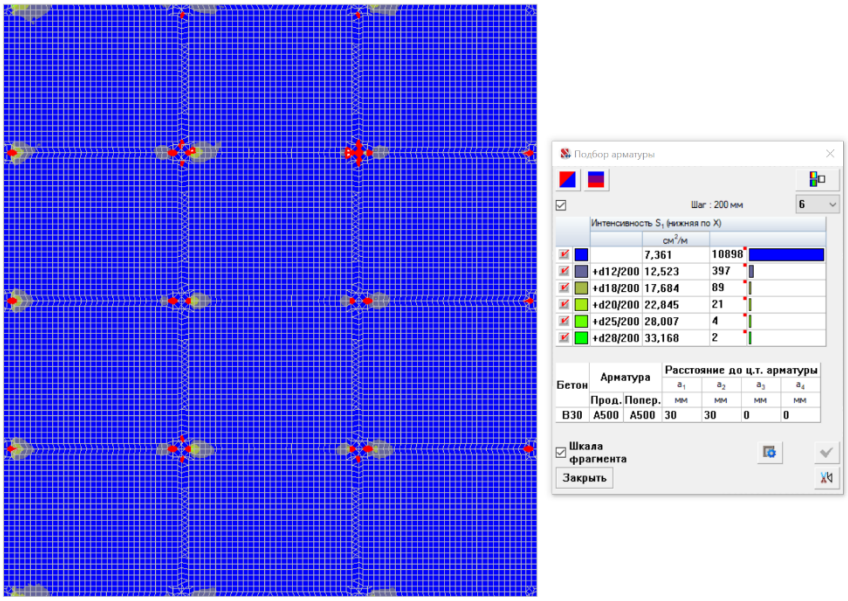
Армирование монолитной плиты перекрытия.

На рисунке 3.18 показаны результаты подбора нижнего армирования по оси X монолитной плиты перекрытия второго этажа в ПК SCAD++.

а



б



а – плита перекрытия второго этажа; б -фрагмент плиты

Рисунок 3.18 – Результаты подбора армирования (нижнее по X) плиты перекрытия второго этажа

Полный результат армирования сведен в таблицу 3.8. Фрагменты плиты с армированием представлены в графической части на листе 10.

Таблица 3.8 – Результат подбора армирования плит

Армирование	Основная арматура	Дополнительное армирование сетками на опорах
Плита перекрытия первого этажа		
Нижнее по X	Ø14А500 шаг 200	Ø18А500 шаг 200
Нижнее по Y	Ø12А500 шаг 200	Ø10А500 шаг 200
Верхнее по X	Ø14А500 шаг 200	Ø22А500 шаг 200
Верхнее по Y	Ø14А500 шаг 200	Ø20А500 шаг 200
Плита перекрытия второго этажа		
Нижнее по X	Ø14А500 шаг 200	Ø20А500 шаг 200
Нижнее по Y	Ø14А500 шаг 200	Ø14А500 шаг 200
Верхнее по X	Ø16А500 шаг 200	Ø22А500 шаг 200
Верхнее по Y	Ø14А500 шаг 200	Ø12А500 шаг 200

Армирование монолитных колонн.

На рисунке 3.19 и 3.20 показаны результаты подбора армирования колонн в ПК SCAD++ первого и второго этажа соответственно.

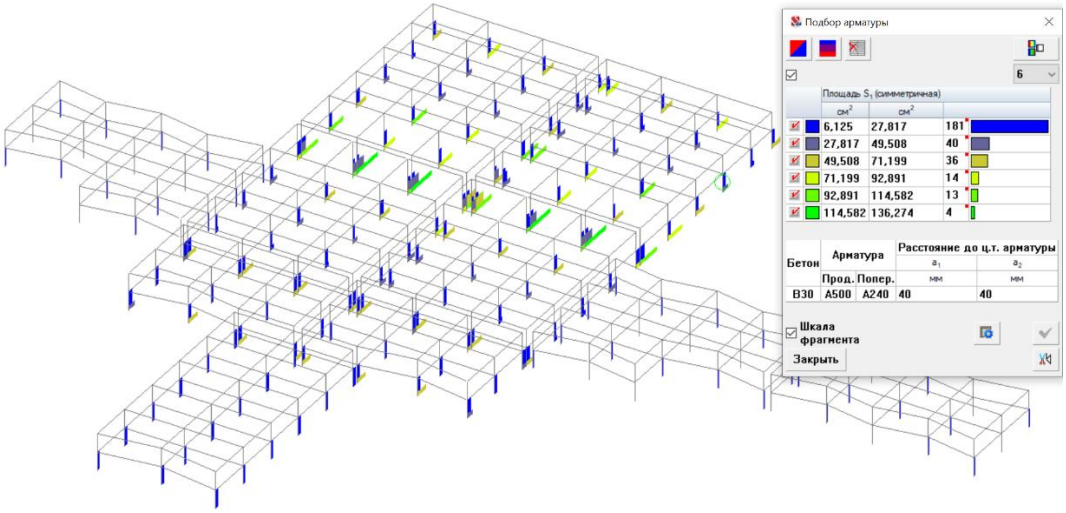


Рисунок 3.19 – Результаты подбора армирования колонн первого этажа

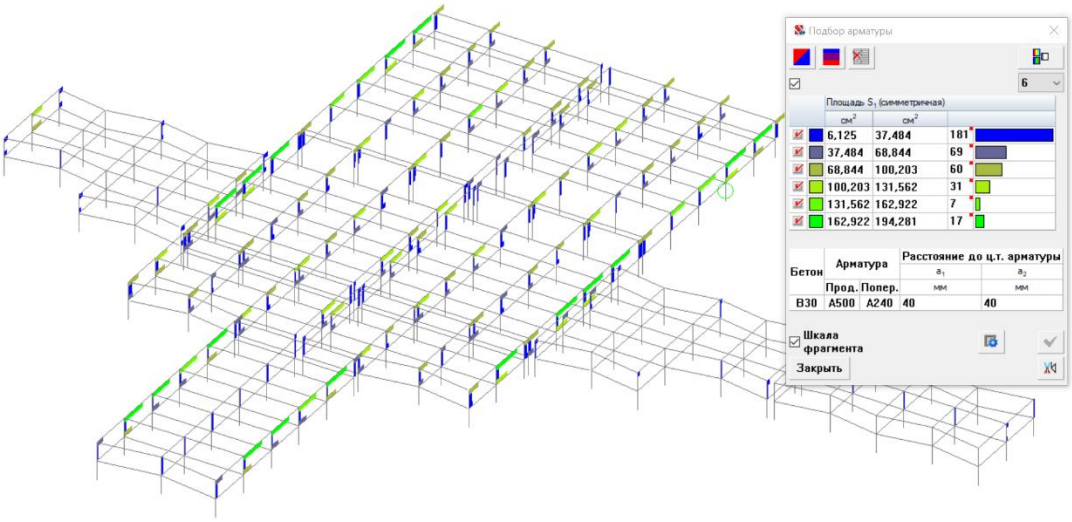


Рисунок 3.20 – Результаты подбора армирования колонн второго этажа

Диаметр арматуры каркаса назначаем исходя из максимально требуемого армирования. Для колонн диаметром 1400 мм – по элементу 35 (рисунок 3.21), для колонн диаметром 850 мм – по элементу 351 (рисунок 3.22).

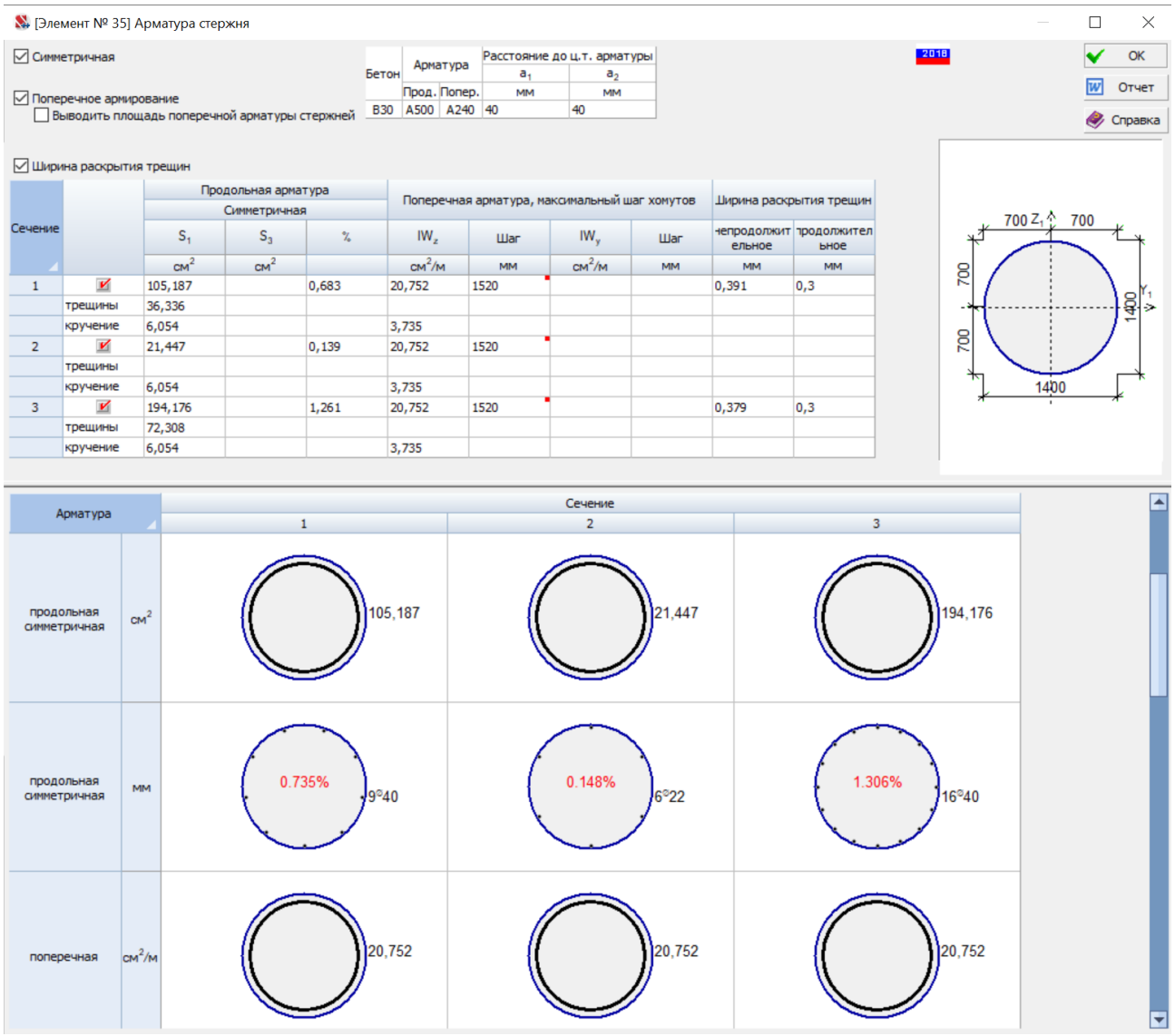


Рисунок 3.21 – Результат подбора армирования колонны диаметром 1400 мм

Арматура диаметром больше 32 мм используется очень редко, поэтому примем для колонн диаметром 1400 мм (К1) каркас из 24 стержней Ø32А500.

Диаметр поперечной арматуры, исходя из полученных результатов (рисунок 3.21) назначаем Ø25А240 ($A_s = 4{,}909$ см^2) с шагом 230 мм.

Для колонн диаметром 850 мм (рисунок 3.22) назначаем каркас из 17 стержней Ø32А500.

Поперечную арматуру в колоннах диаметром 850 мм принимаем из стержней Ø7А240 ($A_s = 0{,}385$ см^2) с шагом 240 мм.

Согласно СП 63.13330 п. 10.3.12 минимальный диаметр поперечной арматуры должен быть больше ¼ диаметра продольной, что равно 8 мм для продольной арматуры диаметром 32 мм. Исходя из этого принимаем поперечное

армирование колонн диаметром 850 мм (К2) из арматуры 8 мм ($A_s = 0{,}503$ см^2) с шагом 300 мм.

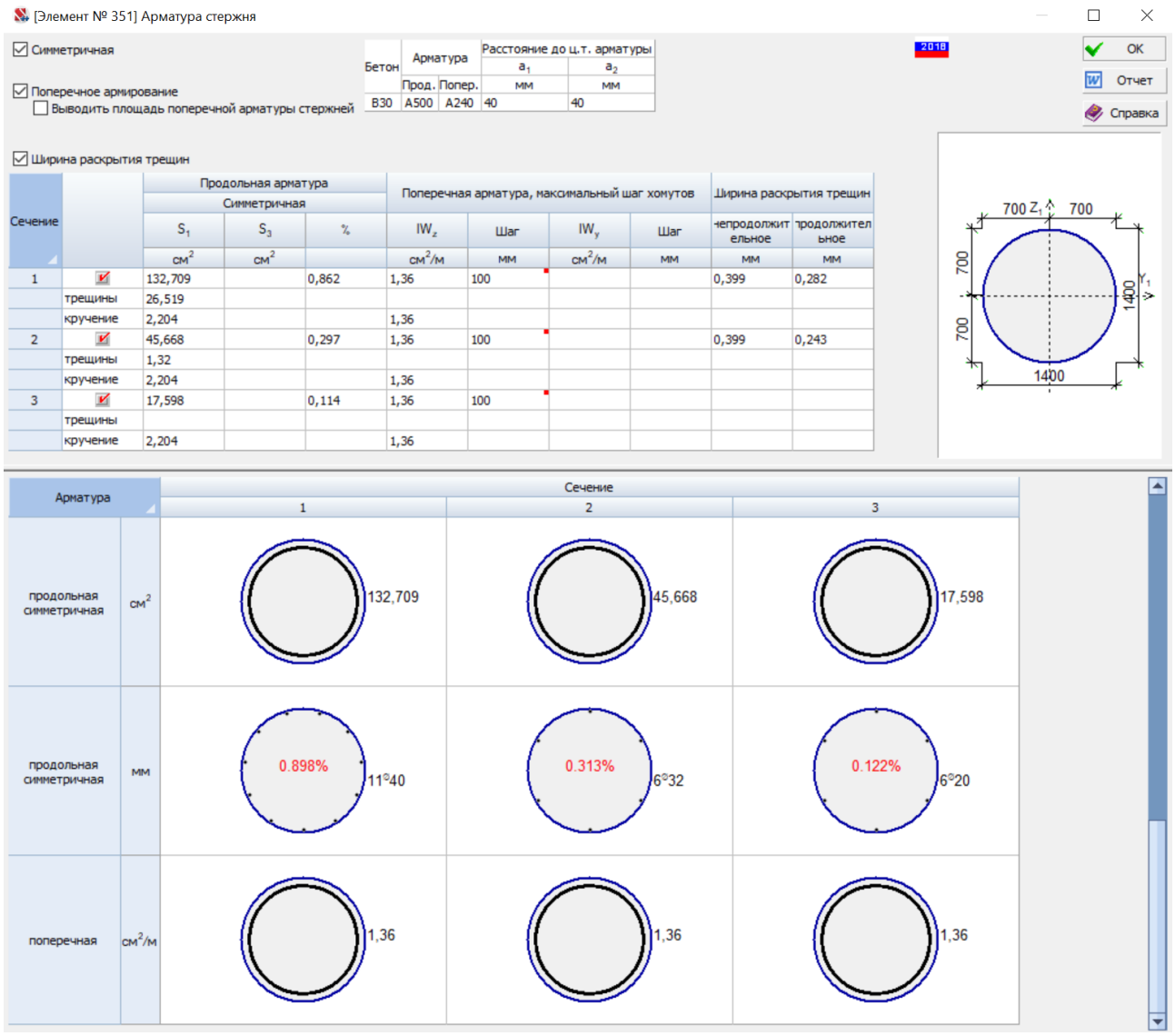


Рисунок 3.22 – Результат подбора армирования колонны диаметром 850 мм

Армирование колонн К1 (Ø1400 мм) и К2 (Ø850 мм) представлено в графической части на листе 9.

4 Проектирование фундаментов

4.1 Общие сведения

Участок изысканий расположен в Октябрьском округе г. Иркутск по ул. Ширямова.

Физико-механические свойства грунтов представлены в таблице 4.1.

Нормативная глубина сезонного промерзания для суглинков – 1,74 метра.

Расчет проводим на основании следующих нормативных документов:

- СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений [38];
- СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты [39].

4.2 Исходные данные для проектирования

Инженерно-геологические характеристики грунтов площадки строительства приняты на основании инженерно-геологических изысканий, выполненных ООО «Техно Базис».

Согласно схеме климатического районирования территории РФ, район изысканий входит в климатическую зону IВ (приложение А СП 131.13330.2018). По схематической карте зон влажности район изысканий относится к сухой зоне (приложение В СП 50.13330.2012).

Геологическое строение площадки отражено в геолого-литологической колонке скважины (см. рисунок 4.1).

По генетическим, литологическим и физико-механическим свойствам грунтов основания выделено 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

- ИГЭ-1. Техногенный грунт: суглинок тяжелый, пылеватый, полутвердый, с включениями гальки и гравия;
- ИГЭ-2. Суглинок легкий, песчанистый, текучепластичный;
- ИГЭ-3. Суглинок тяжелый, пылеватый, мягкопластичный;
- ИГЭ-4. Суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, с примесью органического вещества.

Расчетное сопротивление грунтов принято согласно СП 22.13330.2016 прил. Б табл. Б3.

Удельное сцепление C, угол внутреннего трения φ, плотность ρ всех выделенных ИГЭ рассчитаны при доверительной вероятности расчетных значений характеристик грунтов при расчетах оснований по несущей способности ($\alpha = 0{,}95$), по деформациям ($\alpha = 0{,}85$).

На период производства буровых работ (апрель 2021 г.) подземные воды были вскрыты на глубине 3,0 м.

Техногенный грунт представлен тяжелыми, пылеватыми, полутвердыми суглинками, с включением гальки и гравия. Мощность составляет 3,0 м.

Расчетное сопротивление техногенных грунтов составляет 150 кПа.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов рассчитана по формуле 5.3 СП 22.13330.2016 и составляет для суглинков 1,82 м.

В пределах нормативной глубины сезонного промерзания залегает грунт ИГЭ-1, который согласно таблице Б.27 ГОСТ 25100-2011, относится к среднепучинистым.

Согласно таблице 1 СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» по сейсмическим свойствам все грунты относятся к II категории.

Сейсмическая интенсивность участка изысканий составляет 9 баллов.

Масштаб 1 : 100

Наименование : Скв.2

Начата : 28.04.21
Окончена : 28.04.21

Отметка устья : 468.00 м
Общая глубина : 8.00 м

Геологический индекс	Мощность слоя, м	Глубина слоя, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Геолого-литологический разрез	Наименование пород и их характеристика	Сведения о воде: появление воды	Сведения о воде: установ. уровень	Глубина отбора образцов
tQIV	3.00	3.00	465.00	1	Техногенный грунт: суглинок тяжелый, пылеватый, полутвердый, с включениями гальки и гравия	3.00 28.04.21	3.00 29.04.21	2, 15, 16, 17
aQIV	2.00	5.00	463.00	2	Суглинок тяжелый, пылеватый, полутвердый, желтовато-коричневого цвета			4, 18, 19
aQIV	3.00	8.00	460.00	3	Суглинок тяжелый, пылеватый, мягкопластичный, желтовато-коричневого цвета			6, 20, 21, 22, 23, 24, 8, 25

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. Геологический возраст и генетические типы отложений

bQIV	Современные биогенные образования
tQIV	Современные техногенные отложения
aQIV	Современные аллювиальные отложения

3. Прочие знаки

(1) номер ИГЭ на разрезе

■1 место отбора образца ненарушенной структуры и его лабораторный номер

▲5 место отбора образца нарушенной структуры и его лабораторный номер

СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВ		
песков	супесей	суглинков и глин
маловлажное	твердое	твердое
		полутвердое
		тугопластичное
влажное	пластичное	мягкопластичное
		текучепластичное
насыщенное водой	текучее	текучее

Рисунок 4.1 – Инженерно-геологическая колонка

Поскольку глубина скважины составляет всего 8 метров, а длина свай предположительно будет достигать от 10 до 12 м, то, основываясь на других инженерно-геологических колонках, примем четвертым инженерно-геологическим элементом (ИГЭ-4) суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, с примесью органического вещества.

Физико-механические свойства грунтов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Физико-механические свойства грунтов

№	Показатели свойств грунтов		Ед. изм.	ИГЭ-1	ИГЭ-2	ИГЭ-3	ИГЭ-4
				Техногенный грунт: суглинок тяжелый, пылеватый, полутвердый, с включениями гальки и	Суглинок легкий, песчанистый, текучепластичный	Суглинок тяжелый, пылеватый, мягкопластичный	Суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, с примесью органического
1	Естественная влажность, W		д.е.	0,239	0,217	0,277	0,245
2	Коэффициент пористости, e		д.е.	0,707	0,806	0,807	0,804
3	Плотность грунта, ρ		г/см^3	1,97	1,83	1,92	1,87
4	Плотность частиц грунта, ρ_s		г/см^3	2,71	2,71	2,71	2,71
5	Плотность сухого грунта, ρ_d		г/см^3	1,59	1,50	1,50	1,50
6	Показатель текучести, I_L		д.е.	0,48	0,22	0,57	0,42
7	Коэффициент водонасыщения, S_r		д.е.	0,92	0,73	0,94	0,82
8	Модуль деформации, E		МПа	-	15,07	10,3	9
9	Удельное сцепление, C		кПа	-	22,8	18,2	23,3
10	Угол внутреннего трения, φ		град.	-	21,7	15,7	18,3
11	Расчетное сопротивление, R_0		кПа	150	200	180	190
Расчетные характеристики							
1	Удельное сцепление, C	при $\alpha = 0{,}85$	кПа	-	22,8	18	23,2
		при $\alpha = 0{,}95$	кПа	-	22,1	15,6	22,6
2	Угол внутреннего трения, φ	при $\alpha = 0{,}85$	град.	-	21,6	15,6	18,3
		при $\alpha = 0{,}95$	град.	-	21,1	13,9	17,8
3	Плотность грунта, ρ	при $\alpha = 0{,}85$	г/см^3	1,95	1,81	1,88	1,87
		при $\alpha = 0{,}95$	г/см^3	1,93	1,81	1,85	1,86

Проект предполагает конструирование и расчет свайного фундамента. В ПК SCAD определяем максимальное продольное усилие в основании колонны от комбинации - 6150 кН.

4.3 Определение глубины заложения ростверка

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта d_f, м, определяется по формуле

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} \,, \tag{4.1}$$

где k_h - коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения для отапливаемых зданий с полами по грунту при среднесуточной температуре внутреннего воздуха в помещении +20°С;

d_{fn} – нормативная глубина сезонного промерзания грунта, м.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов составляет для суглинков 1,82 м.

Принимаем: $k_h = 0{,}5$; $d_{fn} = 1{,}82$ м.

Подставляем значения в формулу (4.1), получаем

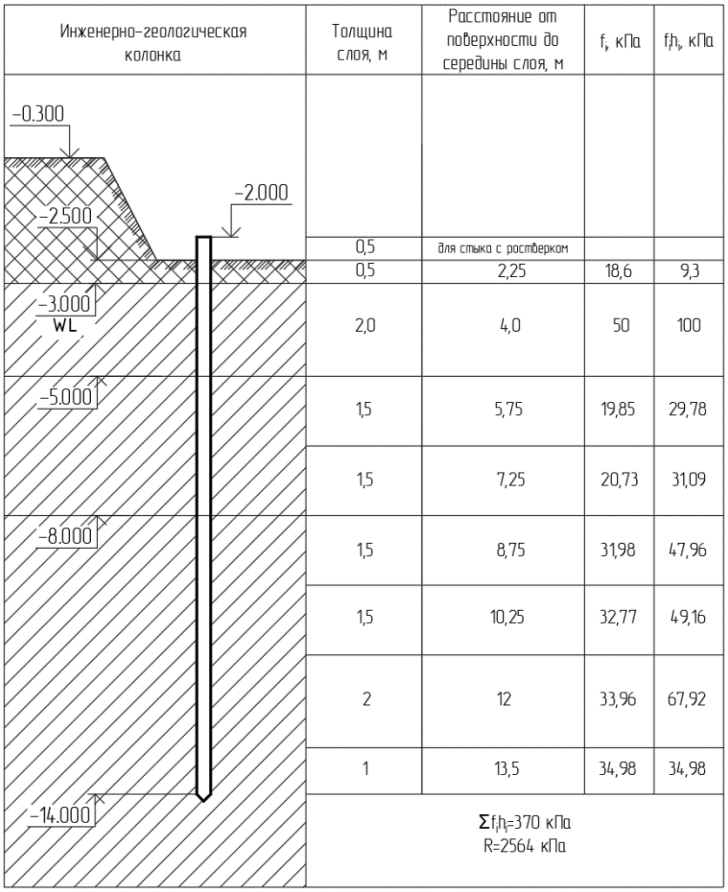
$$d_f = 0{,}5 \cdot 1{,}82 = 0{,}91 \text{ м.}$$

Согласно таблице 5.3 СП 22.13330.2016 глубина заложения фундамента, при глубине расположения уровня подземных вод 3 м, должна быть не менее d_f.

Принимаем глубину заложения -2,500 м и высоту ростверка 1200 мм.

4.4 Проектирование фундамента из забивных свай

Инженерно-геологическая колонка и расчет несущей способности сваи в табличной форме приведены на рисунке 4.2.



Инженерно-геологическая колонка	Толщина слоя, м	Расстояние от поверхности до середины слоя, м	f_i, кПа	f_ih_i, кПа
	0,5	для стыка с ростверком		
	0,5	2,25	18,6	9,3
	2,0	4,0	50	100
	1,5	5,75	19,85	29,78
	1,5	7,25	20,73	31,09
	1,5	8,75	31,98	47,96
	1,5	10,25	32,77	49,16
	2	12	33,96	67,92
	1	13,5	34,98	34,98
	Σf_ih_i=370 кПа R=2564 кПа			

Рисунок 4.2 – Данные для расчета несущей способности сваи

В качестве несущего слоя выбираем суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, с примесью органического вещества, глубина залегания которого начинается от 8 м.

Отметку верха (головы) сваи после забивки назначаем на 500 мм выше отметки подошвы ростверка с последующим оголением арматуры. Отметка верха сваи тогда -2,000 м. Необходимо, чтобы заглубление острия в несущий слой было не менее 1 м.

Исходя из нагрузки, принимаем длину сваи 12 м, тогда относительная отметка острия сваи равна – 14,000 м.

Принимаем цельные забивные сваи по ГОСТ 19804–2012 С120.30-11 бетон $B25, F200, W6$. Армирование по серии 1.011.1-10 вып. 1 – 4Ø20 А400.

4.4.1 Определение несущей способности сваи.

Несущая способность висячей сваи F_d, кН, определяется по формуле

$$F_d = \gamma_c \cdot \left(\gamma_{R,R} \cdot R \cdot A + u \cdot \Sigma\gamma_{R,f} f_i h_i\right), \quad (4.2)$$

где γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте;

$\gamma_{R,R}$ – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа;

A – площадь поперечного сечения сваи, м^2;

u – периметр поперечного сечения сваи, м;

$\gamma_{R,f}$ – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, зависящий от способа образования скважины и условий бетонирования;

f_i – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности сваи в пределах i-ого слоя грунта, кПа;

h_i – толщина i-ого слоя грунта, м.

Данные для расчета сваи приведены на рисунке 4.2.

Принимаем $\gamma_c = 1$, $A = 0{,}09$ м^2, $u = 1{,}2$ м, $R = 2564$ кПа.

Согласно табл. 7.4 [24] $\gamma_{R,R} = 1$, $\gamma_{R,f} = 1$ при погружении сплошных свай дизельным молотом.

Тогда $\Sigma\gamma_{R,f} f_i h_i = 370$ кН.

Подставляем значения в формулу (4.2), получаем

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 2564 \cdot 0{,}09 + 1{,}2 \cdot 370) = 690{,}36 \text{ кН}.$$

Для определения количества свай в фундаменте, необходимо назначить допускаемую нагрузку на одну сваю, $N_{\text{св}}$, кН. Ее значение определяется исходя из условия

$$N_{\text{св}} \cdot \gamma_n \leq F_d / \gamma_{c.g.}, \quad (4.3)$$

где γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения;
$\gamma_{c.g.}$ – коэффициент надежности по грунту;
F_d – то же, что и в формуле (4.1).
Принимаем: $\gamma_n = 1{,}1$ для КС-3, $\gamma_{c.g.} = 1{,}4$.
Подставляем значения в формулу (4.3), получаем

$$N_{\text{св}} = \frac{690{,}36}{1{,}4 \cdot 1{,}1} = 448{,}3 \text{ кН}.$$

4.4.2 Определение числа свай в фундаменте и эскизное конструирование ростверка.

Число свай в фундаменте устанавливается исходя из условия максимального использования их несущей способности и обеспечения ростверком равномерной передачи нагрузки на все сваи фундамента.

Количество свай n, шт, определяется по формуле

$$n = \frac{N}{N_{\text{св}} - \bar{A} \cdot d_p \cdot \gamma_{mt}}, \tag{4.4}$$

где N – нагрузка на обрезе ростверка, кН;
$\bar{A}$ – площадь ростверка, приходящаяся на одну сваю, м^2;
d_p – глубина заложения ростверка, м;
γ_{mt} – усредненный удельный вес ростверка и грунта на его обрезах, кН/м^3;
$N_{\text{св}}$ – то же, что и формуле (4.3).
Принимаем: $N = 6150$ кН, $\bar{A} = 0{,}9$ м^2, $d_p = 2{,}2$ м, $\gamma_{mt} = 20$ кН/м^3.
Подставляем значения в формулу (4.4), получаем

$$n = \frac{6150}{448{,}3 - 0{,}9 \cdot 2{,}2 \cdot 20} = 15{,}05 \approx 16 \text{ шт}.$$

Принимаем 16 свай.

Расстановка свай в кусте показана на рисунке 4.3. Расстояние между осями забивных свай в плоскости их нижних концов должно быть не менее $3d$ (где d – это сторона квадратного сечения ствола сваи) для висячих свай. Размеры ростверка в плане, учитывая его свесы за наружные грани свай длиной 150 мм – 3300х3300 мм.

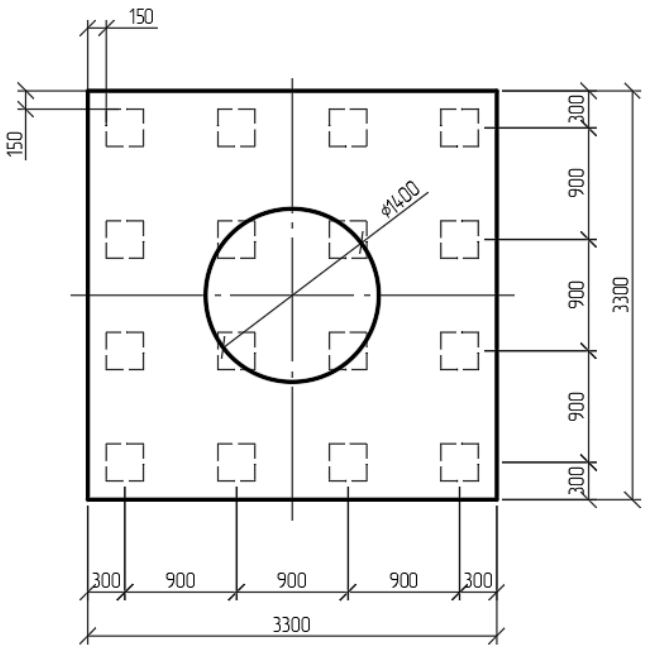


Рисунок 4.3 – Схема расположения свай

4.4.3 Расчет свайного фундамента по несущей способности грунта основания.

Расчет свайного фундамента выполняем по первой группе предельных состояний. При этом должны удовлетворяться следующие условия

$$N_c \leq F_d/\gamma_{c.g.}, \tag{4.5}$$

$$N_c^{\text{кр}} \leq 1{,}2 \cdot F_d/\gamma_{c.g.}, \tag{4.6}$$

где N_c – наибольшая расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, кН;
$N_c^{\text{кр}}$ – нагрузка, передаваемая на сваю крайнего ряда, кН;
F_d – то же, что и формуле (4.2);
$\gamma_{c.g.}$ – то же, что и формуле (4.3).

Расчетная нагрузка на сваю при действии моментов в одной плоскости N_c^i, кН, определяется по формуле

$$N_c^i = \frac{N'}{n} \pm \frac{M' \cdot x}{\Sigma x_i^2}, \tag{4.7}$$

где n – число свай в фундаменте;
x – расстояние в плоскости действия момента от главной сваи, м;
x_i – расстояние от главной оси до каждой из свай;
N' – вертикальные нагрузки, приведенные к подошве ростверка, кН.
M' - изгибающие моменты, приведенные к подошве ростверка, кН· м.

Вес ростверка G_p, кН, следует определять по формуле

$$G_p = b_p \cdot l_p \cdot d_p \cdot \gamma_{mt}, \quad (4.8)$$

где b_p – ширина ростверка в плане, м;
l_p – длина ростверка в плане, м;
d_p – высота ростверка, м;
γ_{mt} – среднее значение удельного веса ростверка и грунта, при плитном ростверке равно 24 кН/м^3.

Принимаем: $b_p = 3{,}3$ м; $l_p = 3{,}3$ м; $d_p = 1{,}2$ м; $\gamma_{cp} = 20$ кН/м^3.

Подставляем значения в формулу (4.8), получаем

$$G_p = 3{,}3 \cdot 3{,}3 \cdot 1{,}2 \cdot 20 = 261{,}36 \text{ кН}.$$

Расчетный вес свай $G_{\text{св}}$, кН, следует определять по формуле

$$G_{\text{св}} = n \cdot m_{\text{св}} \cdot g, \quad (4.9)$$

где n – количество свай в кусте;
$m_{\text{св}}$ – масса сваи, т;
g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Принимаем: $n = 16$ шт; $m_{\text{св}} = 2{,}73$ т; $g = 9{,}81$ м/с^3.

Подставляем значения в формулу (4.9), получаем

$$G_{\text{св}} = 16 \cdot 2{,}73 \cdot 9{,}81 = 428{,}5 \text{ кН}.$$

Расчетное продольное усилие, при котором расчетное усилие в свае наибольшее, N', кН, определяется по формуле

$$N' = N + \left(G_{\text{св}} + G_p\right) \cdot \gamma_n\,, \quad (4.10)$$

где N – то же, что и в формуле (4.4);
$G_{\text{св}}$ – то же, что и в формуле (4.9);
G_p – то же, что и в формуле (4.8);
γ_n – то же, что и в формуле (4.3).

Принимаем: $N = 6150$ кН; $G_{\text{св}} = 428{,}5$ кН; $G_p = 261{,}36$ кН; $\gamma_n = 1{,}1$.

Подставляем значения в формулу (4.10), получаем

$$N' = 6150 + (428{,}5 + 261{,}36) \cdot 1{,}1 = 6908{,}85 \text{ кН}.$$

Расчетный изгибающий момент, при котором расчетное усилие в свае наибольшее, M', кН, определяется по формуле

$$M' = M + Q \cdot d_p, \tag{4.11}$$

где M – изгибающий момент на обрезе ростверка, кНм;
Q – поперечное усилие на обрезе ростверка, кН;
d_p – то же, что и в формуле (4.8).

Принимаем: $M = 45{,}27$ кНм; $Q = 8{,}1$ кН; $Q = 1{,}2$ м.
Подставляем значения в формулу (4.11), получаем

$$M' = 45{,}27 + 8{,}1 \cdot 1{,}2 = 54{,}99 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Принимаем: $N' = 6908{,}85$ кН; $M' = 55$ кНм; $x_{1-4,13-16} = 1{,}35$ м; $x_{5-12} = 0{,}45$ м.
Подставляем соответствующие значения в формулу (4.7), получаем

$$N_c^{1-4} = \frac{6908{,}85}{16} - \frac{55 \cdot 1{,}35}{8 \cdot 1{,}35^2 + 8 \cdot 0{,}45^2} = 431{,}8 - 4{,}58 = 427{,}22 \text{ кН};$$

$$N_c^{5-8} = \frac{6908{,}85}{16} - \frac{55 \cdot 0{,}45}{8 \cdot 1{,}35^2 + 8 \cdot 0{,}45^2} = 431{,}8 - 1{,}53 = 430{,}27 \text{ кН};$$

$$N_c^{9-12} = \frac{6908{,}85}{16} + \frac{55 \cdot 0{,}45}{8 \cdot 1{,}35^2 + 8 \cdot 0{,}45^2} = 431{,}8 + 1{,}53 = 433{,}33 \text{ кН};$$

$$N_c^{13-16} = \frac{6908{,}85}{16} + \frac{55 \cdot 1{,}35}{8 \cdot 1{,}35^2 + 8 \cdot 0{,}45^2} = 431{,}8 + 4{,}58 = 436{,}38 \text{ кН}.$$

Подставляем полученные значения в условия (4.5) и (4.6), получаем

$$N_c^{1-4} = 427{,}22 \text{ кН} < 1{,}2 \cdot F_d/\gamma_{c.g.} = 591{,}74 \text{ кН};$$

$$N_c^{5-8} = 430{,}27 \text{ кН} < F_d/\gamma_{c.g.} = 493{,}11 \text{ кН};$$

$$N_c^{13-16} = 433{,}33 \text{ кН} < F_d/\gamma_{c.g.} = 493{,}11 \text{ кН};$$

$$N_c^{17-20} = 436{,}38 \text{ кН} < 1{,}2 \cdot F_d/\gamma_{c.g.} = 591{,}74 \text{ кН}.$$

Все условия удовлетворяются, полученные значения усилий сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Усилия в сваях

Номер сваи	Усилие в свае, N_c, кН, при I комбинации нагрузок
1-4	427,22
5-8	430,27
9-12	433,33
13-16	436,38

4.4.4 Определение осадки свайного фундамента.

Расчет осадки свайного фундамента при действии вертикальных нагрузок следует производить, если сваи заглублены нижним концом в глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0{,}5$. Поскольку показатель текучести ИГЭ-4 $I_L = 0{,}42$, расчет производить не будем.

4.4.5 Выбор сваебойного оборудования. Назначение расчетного отказа.

Предварительно примем трубчатый дизель-молот С-996.

Характеристики:

- масса ударной части $m_4 = 1{,}8$ т;
- полная масса молота $m_1 = 3{,}65$ т;
- энергия удара $E_d = 45{,}4$ кДж.

Определенная несущая способность сваи должна быть подтверждена при забивке достижением сваей расчетного отказа S_a, м, который устанавливается по формуле

$$S_a = \frac{E_d \cdot \eta \cdot A}{F_d(F_d + \eta \cdot A)} \cdot \frac{m_1 + 0{,}2(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}, \qquad (4.12)$$

где E_d – расчетная энергия удара молота;

m_1 – полная масса молота, т;

m_2 – масса сваи, т;

m_3 – масса наголовника, т;

A – площадь поперечного сечения сваи, м^2;

η – показатель, для железобетонный свай равный 1500 кН/м^2;

F_d – то же, что и в формуле (4.2).

Принимаем: $E_d = 63$ кДж; $m_1 = 5{,}1$ т; $m_2 = 2{,}73$ т; $m_3 = 0{,}2$ т.

Подставляем значения в формулу (4.12), получаем

$$S_a = \frac{45{,}4 \cdot 1500 \cdot 0{,}09}{690{,}36 \cdot (690{,}36 + 1500 \cdot 0{,}09)} \cdot \frac{3{,}65 + 0{,}2(2{,}73 + 0{,}2)}{3{,}65 + 2{,}73 + 0{,}2} = 0{,}0069 \text{ м.}$$

Расчетный отказ 0,69 см находится в оптимальных пределах (от 5 до 10 мм), значит сваебойное оборудование подобранно правильно.

4.4.6 Расчет плиты ростверка на продавливание колонной.

Проверка ростверка на продавливание колонной производится по формуле

$$F \leq \frac{2h_{0p} \cdot R_{bt}}{\alpha} \cdot \left(\frac{h_{0p}}{c_1} \cdot (b_c + c_2) + \frac{h_{0p}}{c_2} \cdot (l_c + c_1) \right), \quad (4.13)$$

где F – расчетная продавливающая сила, кН;

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, кПа;

h_{0p} – рабочая высота сечения ростверка, м, принимается равной расстоянию от верха ростверка до плоскости рабочей арматуры плитной части;

α – коэффициент, принимаемый 0,85;

c_1 – расстояние от грани опоры по длине ростверка до грани основания пирамиды продавливания (не более h_{0p} и не менее $0{,}4h_{0p}$), м;

c_2 – расстояние от грани опоры по ширине ростверка до грани основания пирамиды продавливания (не более h_{0p} и не менее $0{,}4h_{0p}$), м;

b_c – ширина железобетонной опоры в плане, м;

l_c – длина железобетонной опоры в плане, м.

Расчетная продавливающая сила, F, кН, определяется по формуле

$$F = 2 \cdot (4 \cdot N_c^{9-12} + 4 \cdot N_c^{13-16}), \quad (4.14)$$

где N_c^{9-12} – то же, что и в формуле (4.6);

N_c^{13-16} – то же, что и в формуле (4.6).

Принимаем: согласно таблице 4.2: $N_c^{9-12} = 433{,}3$ кН; $N_c^{13-16} = 436{,}4$ кН.

Подставляем значения в формулу (4.14), получаем

$$F = 2 \cdot (4 \cdot 433{,}33 + 4 \cdot 436{,}38) = 6957{,}68 \text{ кН}.$$

Принимаем для бетона В25 $R_{bt} = 1050$ кПа; $h_{0p} = 1{,}15$ м; $c_1 = 0{,}5$; $c_2 = 0{,}5$; $b_c = l_c = 1{,}4$ м; $F = 4896{,}78$ кН.

Подставляем значения в формулу (4.13), получаем

$$6957{,}68 \leq \frac{2 \cdot 1{,}15 \cdot 1050}{0{,}85} \cdot \left(\frac{1{,}15}{0{,}5} \cdot (1{,}4 + 0{,}5) + \frac{1{,}15}{0{,}5} \cdot (1{,}4 + 0{,}5) \right) = 24832 \text{ кН}$$

Условие выполняется.

4.4.7 Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей.

Расчет плиты на продавливание угловой сваей ведется по формуле

$$N_c \leq R_{bt} h_{01} [\beta_1 (b_{02} + 0{,}5C_{02}) + \beta_2 (b_{01} + 0{,}5C_{01})), \quad (4.15)$$

где N_c – усилие в угловой свае, подсчитанное от расчетных нагрузок, действующих по подошве ростверка, кН;

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, кПа;

h_{01} – расстояние от верха ростверка до плоскости рабочей арматуры плитной части, м;

b_{01}, b_{02} – расстояния от внутренних граней угловой сваи до наружных граней плиты ростверка, м;

c_{01}, c_{02} – расстояния от внутренних граней угловых свай до ближайших граней подколонника ростверка, м;

β_1, β_2 – безразмерные коэффициенты, принимаемые по таблице 30 в зависимости от h_{01}/C, но не менее 0,6 и не более l;

C_{01}, C_{02} – это расстояние от граней колонны до основания пирамиды продавливания, м.

Принимаем: $R_{bt} = 1050$ кПа; $h_{01} = 1{,}15$ м; $C_{01} = C_{02} = 0{,}5$ м; $b_{01} = b_{02} = 0{,}45$ м; $\beta_1 = \beta_2 = 0{,}98$, $c_{01} = c_{02} = 0$.

Подставляем значения в формулу (4.15), получаем

$$436{,}38 \text{ кН} \leq 1050 \cdot 1{,}15 \cdot \left[0{,}98(0{,}45 + 0{,}5 \cdot 0) + 0{,}98(0{,}45 + 0{,}5 \cdot 0)\right) = 1065 \text{ кН}.$$

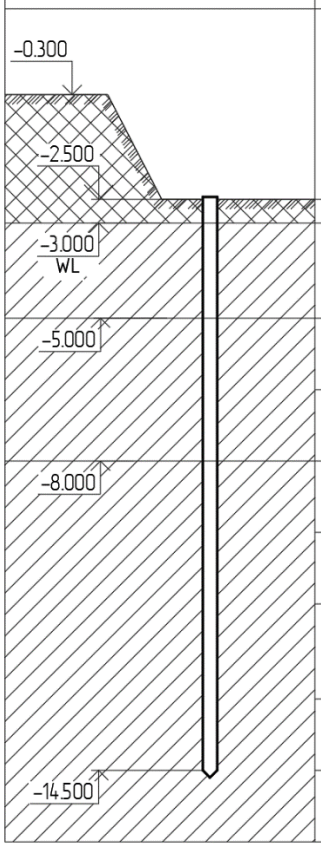
Условие выполняется.

4.5 Проектирование фундамента из буронабивных свай

В качестве несущего слоя выбираем суглинок тяжелый, пылеватый, тугопластичный, с примесью органического вещества, глубина залегания которого лежит от 8 м и далее.

Принимаем буронабивные сваи ∅700 мм и длиной 12 м. Отметка опорного конца сваи составит – 14,500 м. Заглубление в несущий грунт – 6,5 м.

Инженерно-геологическая колонка и расчет несущей способности сваи в табличной форме приведены на рисунке 4.4.



Инженерно-геологическая колонка	Толщина слоя, м	Расстояние от поверхности до середины слоя, м	f_i, кПа	f_ih_i, кПа
	0,5	2,25	18,6	9,3
	2,0	4,0	50	100
	1,5	5,75	19,85	29,78
	1,5	7,25	20,73	31,09
	1,5	8,75	31,98	47,96
	1,5	10,25	32,77	49,16
	2	12	33,96	67,92
	1,5	13,75	28,55	42,83
	Σf_ih_i=378 кПа R=1053 кПа			

Рисунок 4.4 – Данные для расчета несущей способности сваи

4.5.1 Определение несущей способности буронабивных свай.

Несущая способность буронабивной сваи, F_d, кН, определяется по формуле (4.2).

Данные для расчета сваи приведены на рисунке 4.4.

Принимаем $\gamma_c = 0{,}8$; $A = 0{,}38$ м^2; $u = 2{,}2$ м; $R = 1053$ кПа.

Согласно табл. 7.6 [24] $\gamma_{R,R} = 1$, $\gamma_{R,f} = 1$ для набивных свай в суглинках, тогда $\Sigma\gamma_{R,f} f_i h_i = 380{,}27$ кН.

Подставляем значения в формулу (4.2), получаем

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 1053 \cdot 0{,}38 + 2{,}2 \cdot 380{,}27) = 1236{,}7 \text{ кН}.$$

Для определения количества буронабивных свай в фундаменте, необходимо назначить допускаемую нагрузку на одну сваю, $N_{\text{св}}$, кН. Ее значение определяется исходя из условия (4.3).

Принимаем: $\gamma_n = 1{,}1$ для КС-3, $\gamma_{c.g.} = 1{,}4$; $F_d = 1014$ кН.

Подставляем значения в формулу (4.3), получаем

$$N_{\text{св}} = \frac{1236{,}7}{1{,}4 \cdot 1{,}1} = 803 \text{ кН}.$$

4.5.2 Определение числа свай в фундаменте и эскизное конструирование ростверка.

Количество буронабивных свай определяется по формуле (4.4).

Принимаем: $N = 6150$ кН, $\bar{A} = 0{,}2826$ м^2, $d_p = 2{,}2$ м, $\gamma_{mt} = 20$ кН/м^3.

Подставляем значения в формулу (4.4), получаем

$$n = \frac{6150}{803 - 0{,}38 \cdot 2{,}2 \cdot 20} = 7{,}82 \approx 8 \text{ шт.}$$

Принимаем 9 свай.

Расстановка свай в кусте показана на рисунке 4.5. Расстояние между набивными сваями в свету должно быть не менее 1 м. Размеры ростверка в плане, учитывая его свесы за наружные грани свай 150 мм – 4500х4500 мм. Высота ростверка 1,2 м.

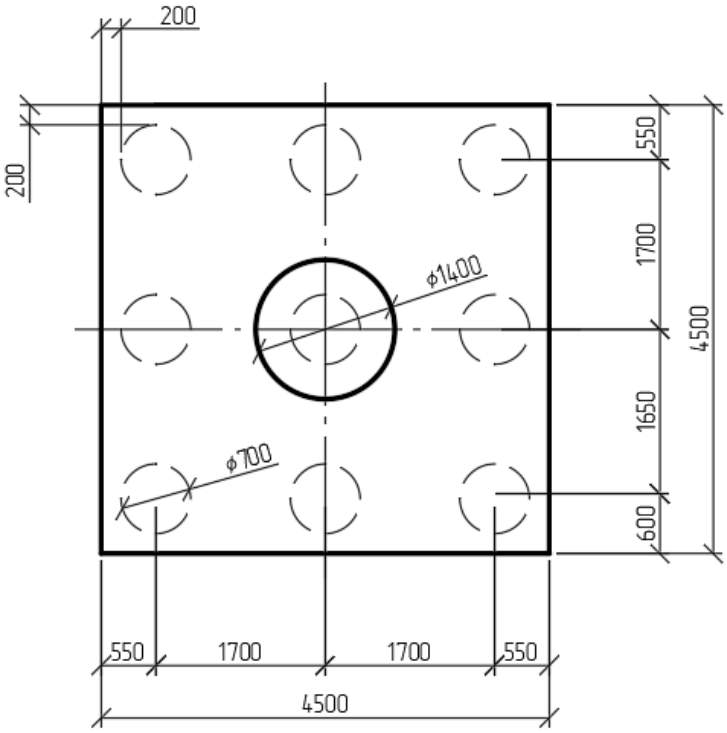


Рисунок 4.5 – Схема расположения свай

4.5.3 Расчет свайного фундамента по несущей способности грунта основания.

Расчет свайного фундамента выполняем по первой группе предельных состояний. При этом должны удовлетворяться условия (4.5) и (4.6).

Определим вес ростверка G_p, кН, по формуле (4.8).

Принимаем: $b_p = 4{,}5$ м; $l_p = 4{,}5$ м; $d_p = 1{,}2$ м; $\gamma_{cp} = 20$ кН/м^3.

Подставляем значения в формулу (4.8), получаем

$$G_p = 4{,}5 \cdot 4{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 20 = 486 \text{ кН.}$$

Расчетный вес свай $G_{св}$, кН, следует определять по формуле (4.9).
Вес сваи равен: $m_{св} = \pi r^2 \cdot l \cdot \rho = 3{,}14 \cdot 0{,}35^2 \cdot 12 \cdot 2{,}4 = 11{,}1$ т.
Принимаем: $n = 9$ шт; $m_{св} = 11$ т; $g = 9{,}81$ м/с^3.
Подставляем значения в формулу (4.9), получаем

$$G_{св} = 9 \cdot 11{,}1 \cdot 9{,}81 = 980 \text{ кН}.$$

Расчетные нагрузки, при которых расчетное усилие в свае наибольшее, определяются по формулам (4.10) и (4.11).

Расчетная нагрузка на сваю при действии моментов в одной плоскости N_c^i, кН, определяется по формуле (4.7).
Принимаем: $N' = 7762{,}6$ кН; $M' = 55$ кНм; $x_{1-3,7-9} = 1{,}7$ м; $x_{4-6} = 0$.
Подставляем соответствующие значения в формулу (4.7), получаем

$$N_c^{1-3} = \frac{7762{,}6}{9} - \frac{55 \cdot 1{,}7}{6 \cdot 1{,}7^2} = 862{,}5 - 5{,}39 = 857{,}11 \text{ кН};$$

$$N_c^{4-6} = \frac{7762{,}6}{9} = 862{,}5 \text{ кН};$$

$$N_c^{7-9} = \frac{7762{,}6}{9} + \frac{55 \cdot 1{,}7}{6 \cdot 1{,}7^2} = 862{,}5 + 5{,}39 = 867{,}89 \text{ кН}.$$

Подставляем полученные значения в условие (4.5), получаем

$$N_c^{1-3} = 857{,}11 \text{ кН} < 1{,}2 \cdot F_d/\gamma_{c.g.} = 1060 \text{ кН};$$

$$N_c^{4-6} = 862{,}5 \text{ кН} < F_d/\gamma_{c.g.} = 883{,}36 \text{ кН};$$

$$N_c^{7-9} = 867{,}89 \text{ кН} < 1{,}2 \cdot F_d/\gamma_{c.g.} = 1060 \text{ кН}.$$

Все условия удовлетворяются, полученные значения усилий сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Усилия в сваях

Номер сваи	**Усилие в свае, N_c, кН, при I комбинации нагрузок**
1-3	857,11
4-6	862,5
7-9	867,89

4.5.4 Определение осадки свайного фундамента.

Расчет осадки свайного фундамента при действии вертикальных нагрузок следует производить, если сваи заглублены нижним концом в глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0{,}5$. Поскольку показатель текучести ИГЭ-4 $I_L = 0{,}42$, расчет производить не будем.

4.5.5 Расчет плиты ростверка на продавливание колонной.

Проверка ростверка на продавливание колонной производится по формуле (4.13).

Расчетная продавливающую силу, F, кН, определяется по формуле (4.14).

Принимаем: согласно таблице 4.2 $N_c^{7-9} = 867{,}89$ кН; $N_c^{4-6} = 862{,}5$ кН.

Подставляем значения в формулу (4.14), получаем

$$F = 2 \cdot (3 \cdot N_c^{7-9} + 1{,}5 \cdot N_c^{3-6}) = 2 \cdot (3 \cdot 867{,}89 + 1{,}5 \cdot 862{,}5) = 7794{,}84 \text{ кН}.$$

Принимаем для бетона В25 $R_{bt} = 1050$ кПа; $h_{0p} = 1{,}15$ м; $c_1 = 0{,}5$; $c_2 = 0{,}5$; $b_c = l_c = 1{,}4$ м; $F = 7794{,}84$ кН.

Подставляем значения в формулу (4.13), получаем

$$7794{,}84 \text{ кН} \leq \frac{2 \cdot 1{,}15 \cdot 1050}{0{,}85} \cdot \left(\frac{1{,}15}{0{,}5} \cdot (1{,}4 + 0{,}5) + \frac{1{,}15}{0{,}5} \cdot (1{,}4 + 0{,}5)\right) = 24832 \text{ кН}.$$

Условие выполняется.

4.5.6 Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей.

Расчет плиты на продавливание угловой сваей ведется по формуле (4.15).

Принимаем: $R_{bt} = 1050$ кПа; $h_{01} = 1{,}15$ м; $C_{01} = C_{02} = 0{,}65$ м; $b_{01} = b_{02} = 0{,}9$ м; $\beta_1 = \beta_2 = 0{,}88$, $c_{01} = c_{02} = 0$.

Подставляем значения в формулу (4.15), получаем

$$867{,}89 \leq 1050 \cdot 1{,}15 \cdot \left[0{,}88(0{,}9 + 0{,}5 \cdot 0) + 0{,}88(0{,}9 + 0{,}5 \cdot 0)\right) = 1912{,}68 \text{ кН}.$$

Условие выполняется.

4.6 Технико-экономическое сравнение вариантов

Технико-экономическое сравнение двух вариантов свай по стоимости и трудоемкости приведен в таблице 4.4. Объем работ подсчитан на фундамент под одну колонну.

Таблица 4.4 – Стоимость и трудоемкость фундамента с забивными сваями

Обоснование	Наименование работ	Объем работ		Стоимость, руб.		Трудоемкость, чел.-час	
		Ед. изм.	Кол-во	на ед.	на объем	на ед.	на объем
ФССЦ 403-1135	Сваи железобетонные С120.30-11 /бетон В25	шт	16	2175,39	34806,24	-	-
ФЕР 05-01-002-06	Погружение дизель-молотом копровой установки на базе экскаватора железобетонных свай длиной: до 12 м в грунты группы 2	1 $м^3$ свай	17,28	545,99	9434,71	3,98	68,77
ФЕР 05-01-010-02	Срубка свай площадью сечения до 0,1 м2	1 свая	16	86,35	1381,6	1,65	142,48
				Итого:	45622,55	Итого:	211,25
Примечание – в расценках указаны прямые затраты работы на период 2000 года в Московской области, индекс изменения сметной стоимости для Иркутской области на 1 квартал 2023 года составляет 39,95 для оплаты труда и 9,54 – для стоимости материалов и изделий.							

Таблица 4.5 – Стоимость и трудоемкость фундамента с буронабивными сваями

Обоснование	Наименование работ	Объем работ		Стоимость, руб.		Трудоемкость, чел.-час	
		Ед. изм.	Кол-во	на ед.	на объем	на ед.	на объем
ФССЦ 401-0069	Бетон тяжелый, крупность заполнителя: 20 мм, класс В25	$м^3$	41,5	720,00	29880,00	-	-
ФССЦ 204-0073	Каркасы арматурные	т	1,7	7648,00	13001,60	-	-
ФЕР 05-01-029-09	Устройство железобетонных буронабивных свай с бурением скважин шнековым способом в грунтах 2 группы диаметром до 1600 мм, длина свай до 12 м	1 $м^3$ свай	41,5	1146,85	47594,28	4,91	203,77
				Итого:	90475,88	Итого:	203,77
Примечание – в расценках указаны прямые затраты работы на период 2000 года в Московской области, индекс изменения сметной стоимости для Иркутской области на 1 квартал 2023 года составляет 39,95 для оплаты труда и 9,54 – для стоимости материалов и изделий.							

По итогам технико-экономического расчета, вариант с забивными сваями в 2 раза экономичнее, чем вариант с буронабивными сваями. Однако, для данного проекта будут использоваться буронабивные сваи, поскольку они не подвергаются динамическому воздействию при установке, что повышает их несущую способность.

4.7 Расчет ростверка на изгиб и подбор сечения арматуры

Момент, возникающий в плоскости x ростверка M_{xi}, кНм, определяется по формуле

$$M_{xi} = \Sigma N_{\text{с}} \cdot x_i, \quad (4.16)$$

где $N_{\text{с}}$ – то же, что и в формуле (4.7);
x_i – расстояние от центра каждой сваи в пределах изгибаемой консоли до рассматриваемого сечения.

Момент, возникающий в плоскости x ростверка M_{xi}, кНм, определяется по формуле

$$M_{yi} = \Sigma N_{\text{св}} \cdot y_i, \quad (4.17)$$

где $N_{\text{с}}$ – то же, что и в формуле (4.7);
y_i – расстояние от центра каждой сваи в пределах изгибаемой консоли до рассматриваемого сечения.

Площадь рабочей арматуры A_{si}, см^2, определяется по формуле

$$A_{si} = \frac{M_i}{\xi \cdot h_{0i} \cdot R_s}, \quad (4.18)$$

где M_i – величина момента в сечении;
ξ – коэффициент, зависящий от α_m;
h_{0i} – рабочая высота каждого сечения;
R_s – расчетное сопротивление арматуры.

Коэффициент α_m определяется по формуле

$$\alpha_m = \frac{M_i}{b_i \cdot h_{0i}^2 \cdot R_b}, \quad (4.19)$$

где M_i – то же, что и в формуле (4.15);
b_i – ширина сжатой зоны сечения, м;
h_{0i} – то же, что и в формуле (4.15);
R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию, МПа.

Принимаем: $R_b = 14{,}5$ МПа для бетона В25; $R_s = 350$ МПа для А400.
Расчет сечения арматуры производим в табличной форме (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Расчеты арматуры ростверка

Сечение	$\boldsymbol{b_i}$, **м**	**Расстояние** $\boldsymbol{x_i}$, $\boldsymbol{y_i}$, **м**	**Момент,** кН · м	$\boldsymbol{h_{0i}}$, **м**	$\boldsymbol{\alpha_m}$	$\boldsymbol{\xi}$	$\boldsymbol{A_s}$, см^2
1-1	4,5	0,85	737,7	1,15	0,0085	0,995	18,16
2-2	4,5	0,85	737,7	1,15	0,0085	0,995	18,16
Сечение 1-1 соответствует вертикальному сечению по оси x, сечение 2-2 соответствует вертикальному сечению по оси y							

Допуская неточность ручного счета, принимаем с запасом арматуру в обоих направлениях Ø14А400 с шагом 200 мм с $A_s = 33{,}86$ см^2.

5 Технология строительного производства

5.1 Область применения

Технологическая карта разработана на возведение основных несущих элементов покрытия – клееных деревянных решетчатых арок.

В технологической карте рассматривается порядок и правила подготовки и монтажа элементов покрытия: решетчатых арок, распорок, вертикальных и горизонтальных связей, прогонов и плит покрытия. Пролет решетчатой арки составляет 100 м, стрела подъема равна 22,5 м.

Место строительства – г. Иркутск, климатический район IВ. Работы выполняются в теплое время года.

Монтажные работы ведутся в две смены, в летний период в течение 34 дней при помощи двух самоходных кранов Liebherr LTM 1230–5.1 на пневмоколесном ходу.

Данная технологическая карта предназначена для нового строительства.

5.2 Общие положения

Работы должны выполняться по рабочим чертежам проекта и ППР.

Выполнение работ должны осуществлять специализированные организации, имеющие допуск к монтажу объектов пролетом 100 м и более, под техническим руководством и контролем ответственного исполнителя работ.

Все разделы технологической карты разработаны согласно:

− МДС 12–29.2006 «Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты» [41];

− СП 49.13330.2010 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования» [42];

− СП 48.13330.2019 «Организация строительства» [43];

− СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции» [27];

− СТО НОСТРОЙ 2.11.88-2013 «Строительные конструкции деревянные. Сборка и монтаж конструкций деревянных клееных. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ» [44];

– СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» [28];

– ГОСТ 20850–2014 «Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия» [45].

5.3 Организация и технология выполнения работ

Основные работы по возведению покрытия из клееных деревянных конструкций делятся на подготовительные, основные и заключительные и относятся к основному периоду строительства.

Технологическая карта на выполнение работ по монтажу деревянных решетчатых арок предусматривает следующие работы:

- доставка сегментов решетчатой арки на стройплощадку, разгрузка автокраном на площадке для складирования (длина сегментов до 12 метров включительно);

- укрупнительная сборка сегментов на площадке укрупнительной сборки в три фрагмента, составляющих арку: 2 крайних длиной 44 метра и центральный длиной 24 метра;

- подача автокраном отдельных фрагментов арки к месту монтажа, установка и крепление фрагментов на временных опорах;

- временное закрепление, выверка, окончательное закрепление в опорном узле и выполнение соединений на вклеенных стержнях;

- монтаж распорок;

- монтаж вертикальных и горизонтальных связей;

- монтаж прогонов;

- симметричное раскружаливание.

5.3.1 Работы подготовительного периода.

До начала монтажа должны быть полностью закончены бетонные работы по устройству монолитных железобетонных ростверков. Монтаж покрытия ведется параллельно с монтажом каркаса здания.

Перед монтажом каждой деревянной арки должны быть выполнены:

- бетонные работы по устройству монолитных колонн, служащих опорами для монтируемых арок;

- монтажные работы по установке главных и второстепенных балок;

- бетонные работы по устройству монолитного железобетонного перекрытия по профнастилу.

Монтаж покрытия начинается с установки в проектное положение на временные опоры сразу двух арок, для дальнейшего их раскрепления распорками и установки на них связей и прогонов. После раскружаливания первых двух арок дальнейший монтаж осуществляется по одной арке.

Перед выполнением монтажа конструкций покрытия должны быть также выполнены следующие подготовительные работы:

- осмотрены, налажены и приняты монтажные механизмы приспособления и оборудования;

- установлены временные опоры, оснащенные системой домкратов, винтов, клиньев и др.;

- подготовлена площадка для складирования КДК;

- клееные элементы привезены, отсортированы и разложены в соответствии с технологическими схемами последовательности монтажа или в зоне укрупнительной сборки.

При поставке комплекта конструкций должны быть обеспечена упаковка и маркировка конструкций в соответствии с указаниями в проекте КДК. Марка КДК должна быть доступной для осмотра и содержать следующую информацию: наименование производителя, номер и обозначения КДК, дату изготовления.

Конструкции, имеющие или получившие дефекты и повреждения, устранение которых в условиях стройплощадки не допускается (например, расслоение клеевых соединений, сквозные трещины и т. д.), запрещается монтировать до заключения проектной организации разработчика.

5.3.2 Работы основного периода.

Монтаж деревянных конструкций осуществляется в соответствии с требованиями СП 70.13330.2012 [46], рабочего проекта инструкции заводов изготовителей. Замена предусмотренных проектной конструкции материалов допускается только по согласованию с проектной организацией и заказчиком. Во время производства работ на границах опасной зоны установить предупредительные знаки.

Основной период включает два этапа.

Этап 1 - укрупнительная сборка фрагментов арки.

Сборка основных фрагментов арки осуществляется в горизонтальном положении на сборочном стенде с использованием легкого самоходного крана грузоподъемностью 10 тонн.

Процесс сборки фрагментов решетчатой арки включает следующие технологические операции:

- сварка выпусков вклеенных стержней;
- огне- и биозащита поверхности конструкций;
- устройство декоративных и защитных накладок (только после приемки предыдущих работ).

Металлические конструкции и детали, применяемые для КДК, защищают антикоррозионным покрытием, крепежные элементы, применяемые для КДК, защищают цинковым покрытием, металлические связи и другие открытые металлические элементы, находящиеся внутри помещения, защищают огнезащитным покрытием в соответствии с требованиями СП 28.13330.2012 [28] и рабочей документации.

Био-влагозащитные мероприятия – грунтовый антисептик. Наносить в 2 слоя методом "мокрый по мокрому" (второй слой наносить после впитывания первого через 1-2 часа). Общий расход не менее 110-120 г/м^2.

Огнезащита: нанести до монтажа покрытие на основе "Феникс ДП" (ТУ 5768-012-66959951-11).

Антипирены наносят на готовые изделия, которые не будут подвергаться дальнейшей механической обработке. Влажность древесины не должна превышать 15 %. Обработка производится при температуре не ниже +5, и влажности воздуха не более 70 %. Состав должен быть нанесен ровным слоем, без наплывов и пропусков.

После защитных составов нанести лак. Лакируемая поверхность должна быть сухой и чистой. Температура воздуха, поверхности и лака должна быть не ниже 5°С и относительная влажность воздуха — не выше 80%. Расход 8–10 м²/л.

К монтажу конструкций в сборных элементах следует приступать только после подтяжки всех металлических соединений и устранения дефектов, возникающих при транспортировании и хранении, разметки мест установки прогонов, распорок и др.

Этап 2 - монтаж конструкций покрытия.

Подъем и перемещение фрагментов арки производиться с помощью распорных и линейных траверс. Для строповки применять текстильные стропы для избежание деформаций, смятия и скалывания углов конструкций. Монтируемые конструкции следует поднимать плавно, без рывков, раскачивания и вращения, с применением оттяжек. При подъеме вертикально расположенных конструкций используют одну оттяжку. При подъеме горизонтальных элементов и блоков – не менее двух. В первую очередь арку поднимают на высоту 30 см для проверки надежности строповки и равномерности натяжения канатов. затем подается команда на основной подъем и перемещение к месту установки. Монтажники с помощью оттяжек удерживают арку от раскачивания.

На высоте около 0,6 м над местами опирания опорные части принимают монтажники, наводят их по осевым рискам и устанавливают в проектное положение.

Проверка вертикальности конструкции в продольных и поперечных плоскостях производится с помощью 2-х теодолитов, установленных в створах продольный поперечный разбивочных осей совмещая положение нижних и верхних резцах на арках с вертикальной визирною осенью теодолита.

После монтажа второй арки монтируются распорки, вертикальные связи и прогоны, образуя связевый блок. Последующие арки монтируются по одной (за исключением мест с деформационным швом) после возведения каркаса здания.

Окончательное крепление монтажных стыков деревянных конструкций производит после выверки правильности геометрической схемы установленной ячейки каркаса, проверки качества сборочных работ и проверки монтажных стыков. Отклонение смонтированных деревянных конструкций от проектного положения не должно превышать значение указанных в ГОСТ 21779–82.

Требования к организации хранения и монтажа КДК.

Важнейшим фактором, влияющим на качество конструкции и склеенной древесины является соблюдение определённых температурновлажностных условий при транспортировке, хранении и монтаже. При переменном увлажнении и высыхании возникают внутренние напряжения, вызывающие появление таких дефектов, как усушечные трещины и раскрытие клеевых швов. Поэтому воздействие на них атмосферных осадков и солнечных лучей во время хранения и монтажа следует свести к минимуму. Кроме того, влажность древесины определяет качество био- и огнезащитных покрытий.

При хранении равновесная необходимо обеспечить стабильную влажность древесины близкой к проектной. Проектная влажность древесины 12 %. Влажность древесины необходимо удерживать на уровне от 10 до 12 %.

При хранении следует соблюдать следующие требования:

− до начала поставки КДК и комплектующих изделий на строительной площадке должен быть оборудован участок с навесом или закрытый склад. Навесы должны быть устроены так, чтобы стекающая с них вода и косой дождь не попадали на конструкции. При этом должно быть обеспечено постоянное проветривание КДК. Проведение работ по монтажу планируется в летнее время, когда средняя температура воздуха находится в пределах от 11 до 22ºС, влажность от 60 до 70 %, что соответствует равновесной влажности древесины в пределах от 10 до 12 %. На случай изменения сроков строительства необходимо предусмотреть возможность укрытия древесины (закрытый склад) и создания постоянных температурно-влажностных условий;

− во избежание «парникового эффекта» не рекомендуется хранение КДК в герметичной паронепроницаемой упаковке, исключающей постоянное их проветривание и подсушивание. Заводская упаковка при хранении должна быть открыта снизу для проветривания конструкций и обеспечения стекания воды;

− на строительной площадке КДК рекомендуется хранить в положении, близком к проектному, при этом минимальное расстояние от низа конструкций до земли должно быть не менее 0,5 м;

− при хранении элементов КДК в штабелях рекомендуется размещать их на прокладках, толщина которых обеспечивает возможность свободного захвата элемента грузозахватными приспособлениями. Прокладки по высоте рядов располагают строго по вертикали. Толщина прокладок должна быть не менее 30 мм и не менее чем на 20 мм превышать высоту строповочных петель и других выступающих частей элементов КДК. Количество прокладок и расстояние между ними должны исключать провисание и деформацию элементов КДК. Штабель укладывают на брусья высотой не менее 100 мм и укрывают от атмосферных осадков. Укладка КДК и их элементов непосредственно на грунт, а также хождение по ним не допускаются;

− при монтаже конструкций также должны быть приняты меры по предохранению их от атмосферных воздействий. Время между установкой конструкций на место и устройством кровли должно быть по возможности минимальным. Защиту верхних граней ребер от попадания осадков рекомендуется выполнять с помощью ленточного герметика ЛИПС ЛТ;

− при длительном хранении КДК на торцы и боровые поверхности следует нанести лакокрасочное покрытие.

5.3.3 Заключительные работы.

После основных работ очистить строительную площадку от строительного мусора, снять ограждения, предупредительные знаки опасных зон. Убрать с территории технологическое оборудование, оснастку и инструменты. Передать подрядчику исполнительную техническую документацию на выполненные работы.

5.4 Требования к качеству работ

Монтажно-сборочные работы должны подвергаться контролю на всех стадиях их выполнения. Производственный контроль подразделяется на входной, операционный (технологический), инспекционный и приемочный. Контроль качества выполняемых работ должен осуществляться специалистами или специальными службами, оснащенными техническими средствами, обеспечивающими необходимую достоверность и полноту контроля, и возлагается на руководителя производственного подразделения (прораба, мастера), выполняющего монтажные работы.

Деревянные конструкции, поступающие на объект, должны отвечать требованиям соответствующих стандартов, технических условий на их изготовление и рабочих чертежей.

До проведения монтажных работ деревянные конструкции, соединительные детали и средства крепления, поступившие на объект, должны быть подвергнуты входному контролю. Количество изделий и материалов, подлежащих входному контролю, должно соответствовать нормам, приведенным в технических условиях и стандартах. Этот контроль проводится с целью выявления отклонений от этих требований.

Входной контроль поступающих осуществляется внешним осмотром и путем проверки их основных геометрических размеров, наличие закладных деталей, фиксирующих и строповочных устройств. Каждое изделие должно иметь маркировку, выполненную несмываемой краской.

Деревянные конструкции, детали, а также средства крепления, поступившие на объект, должны иметь сопроводительный документ (паспорт), в котором указываются наименование конструкции, ее марка, масса, дата изготовления. Паспорт является документом, подтверждающим соответствие конструкций рабочим чертежам, действующим ГОСТам или ТУ.

Результаты входного контроля оформляются Актом и заносятся в Журнал учета входного контроля материалов и конструкций.

В процессе монтажа необходимо проводить операционный контроль качества работ. Контроль проводится под руководством мастера, прораба, в соответствии со Схемой операционного контроля качества монтажа деревянных конструкций.

При операционном контроле надлежит проверять соответствие выполнения основных производственных операций по монтажу требованиям, установленным строительными нормами и правилами, рабочим проектом и нормативными документами.

Перед установкой деревянных арок тщательно проверяют качество опорных поверхностей, их высотные отметки. Выверка арок покрытия заключается в проверке правильности их установки в плане и по высоте. При выверке необходимо проверить вертикальность плоскости арок теодолитом. Не допускается применение не предусмотренных проектом подкладок для

выравнивания монтируемых элементов по отметкам без согласования с проектной организацией.

Качество производства работ обеспечивается выполнением требований к соблюдению необходимой технологической последовательности при выполнении взаимосвязанных работ и техническим контролем за ходом работ, изложенным в Проекте организации строительства и Проекте производства работ, а также в Схеме операционного контроля качества работ.

Контроль качества монтажа ведут с момента поступления конструкций на строительную площадку и заканчивают при сдаче объекта в эксплуатацию.

Допуски и отклонения, характеризующие точность строительных и монтажных работ, регламентируются в ППР в зависимости от заданного класса точности и определяются по ГОСТ 21779. Остальные предельные отклонения не должны превышать указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Операционный контроль технологического процесса

Наименование технологического процесса и его операция	**Контролируемый параметр**	**Допускаемые значения параметра, требования качества**	**Способ (метод) контроля, средства контроля**
Укрупнительная сборка сегментов арки	Отклонение в расстояниях между центрами рабочих болтов, нагелей, шпонок в соединениях: для входных отверстий: для выходных отверстий поперек волокон: для выходных отверстий вдоль волокон:	±2 мм; 2% толщины пакета, но не более 5 мм; 4% толщины пакета, но не более 10 мм	Рулетка
Монтаж арок	Смещение осей арок относительно разбивочных осей колонн	± 5 мм	Теодолит, линейка, нивелир
Монтаж распорок, вертикальных связей, прогонов	Расстояние между центральными осями	± 5 мм	Рулетка, теодолит

Результаты операционного контроля должны быть зарегистрированы в Журнале работ по монтажу строительных конструкций.

По окончанию монтажа выполненные работы принимают по акту, к которому прилагают:

- рабочие чертежи деревянных конструкций;
- журнал работ по монтажу строительных конструкций;
- акты приемки скрытых работ;
- акты промежуточной приемки смонтированных конструкций;
- исполнительные схемы инструментальной проверки смонтированных конструкций с нанесением на них отклонений от проекта, допущенных в процессе монтажа;
- паспорта на деревянные конструкции.

5.5 Потребность в материально-технических ресурсах, машинах и технологическом оборудовании, технологической оснастке, инструменте, инвентаре и приспособлении

Организация монтажных работ должна предусматривать полную обеспеченность бригад нормокомплектами, включающими оборудование, механизированный инструмент, инвентарь и приспособления (таблица 5.2).

Перечень технологической оснастки инструмента инвентаря и приспособлений для производства монтажных работ приведен в таблице 5.3.

Таблица 5.2 – Машины и технологическое оборудование

Наименование технологического процесса и его операций	**Наименование машины, технологического оборудования, тип, марка**	**Основная техническая характеристика, параметр**	**Кол-во**
Выгрузка и подача материалов, подача элементов при укрупнительной сборке	SRC300T	$Q_{max} =$ 30 т	1
Монтаж деревянных конструкций покрытия	Liebherr LTM 1230 – 5.1	$Q_{max} =$ 230 т, $L_к = 72$ м, $H_к = 80$ м	2
Монтаж деревянных конструкций покрытия	Автоподъемник АГП-50	Высота подъема до 50 м	2
Сварка вклеенных стержней	Сварочный агрегат АДД 4005	40-400А	1

Таблица 5.3– Технологическая оснастка, инструмент, инвентарь

Наименование технологического процесса и его операций	**Наименование машины, технологического оборудования, тип, марка**	**Основная техническая характеристика, параметр**	**Кол-во**
1	**2**	**3**	**4**
Грузозахватные приспособления	Строп текстильный 1СТ-15/3,0	грузопод-ть 15 т	4
	Строп текстильный 1СТ-15/7,0	грузопод-ть 15 т	4
	Строп текстильный 1СТ-4/3,0	грузопод-ть 4 т	4
	Распорная траверса SZK TR-L Z1 30,0/4000	грузопод-ть 30 т	2
	Линейная траверса SZK TR-L Z1 4,0/4000	грузопод-ть 30 т	2
Монтаж ребер	Временные опоры		4
	Расчалки		10
	Теодолит 2Т-30П		1
	Нивелир 2Н-КЛ		1
	Ключи гаечные		2

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4
Укрупнительная сборка	Электроды диаметром 6 мм Э42		
	Отправочные элементы		
	Металлические детали		
	Болты с гайками и шайбами строительные		
	Нагели из арматурной стали		
	Антисептические и огнезащитные растворы		
	Рулетка		3
	Уровень строительный УС2-II		3
	Молоток плотничий		3
	Ключи гаечные		3
	Отвертки слесарно-монтажные		3
	Шуруповерт		3
	Сверла для шуруповерта		3
	Влагомер ADA ZFM 100-4		3
Обеспечение безопасности	Каска строительная		3
	Пояс монтажный	ГОСТ 12.4.089-80	3
	Канат страховочный	ГОСТ 12.4.089-80	3
Контроль качества	Рулетка в закрытом корпусе типа ЗПК-20АУТ/1		5
	Уровень строительный типа УС6-1		5
	Теодолит Т-30		2
	Нивелир Bosch 3-80		2

Выбор монтажного крана.

Для монтажа несущих элементов покрытия необходимо подобрать кран по его техническим параметрам. Для этого определим монтажную массу и монтажную высоту для самого тяжелого элемента.

Монтажная масса M_M, т, определяется по формуле

$$M_M = m_э + m_г \quad (5.1)$$

где $m_э$ – масса укрупненного фрагмента арки, т;

$m_г$ – масса грузозахватных и вспомогательных устройств, т, приведена в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Грузозахватные приспособления арочного покрытия

Грузозахватные приспособления	**Грузоподъёмность, т**	**Длинна, мм**	**Масса, кг**
Распорная траверса SZK TR-L Z1 30,0/4000	30,0	4000	880
Строп 1СТ-15/3,0	12,0	3000	20,87
Строп 1СТ-15/7,0	12,0	7000	30,23
		Итого:	931,1

Принимаем: $m_э = 28{,}78$ т; $m_г = 0{,}93$ т.

Подставляем в формулу (5.1), получаем

$$M_M = 28{,}78 + 0{,}93 = 29{,}71 \text{ т.}$$

Монтажная высота подъема крюка $H_к$, м, определяется по формуле

$$H_к \geq h_о + h_з + h_э + h_г\,, \qquad (5.2)$$

где $h_о$ – высота от уровня стоянки крана до опоры монтируемого элемента, м;

$h_з$ – запас по высоте, необходимый для перемещения монтируемого элемента над ранее смонтированными элементами, принимается по технике безопасности равным 0,3 ... 0,5 м;

$h_э$ – высота элемента в положении подъема, м;

$h_г$ – высота строповочного приспособления, м.

Принимаем: $h_о = 11{,}05$ м; $h_э = 0{,}5$ м; $h_э = 21{,}9$ м; $h_г = 2550$ м.

Подставляем в формулу (5.2), получаем

$$H_к = 11{,}05 + 0{,}5 + 21{,}9 + 2{,}55 = 36 \text{ м.}$$

Выбираем кран Liebherr LTM 1230-5.1 на пневмоколесном ходу с выносными опорами с телескопической стрелой 75 м с максимальной грузоподъемностью 230 тонн.

Грузоподъемные характеристики крана приведены на рисунке 5.1.

Вылет стрелы при необходимой высоте подъема 36 метров и грузоподъемности, соответствующей требованиям расчета, составляет 18 метров, что является достаточной величиной. Монтаж арок будет производиться при смонтированном каркасе шириной 13,5 метров. Вылет в 18 метров допускает расположение крана на расстоянии 4,5 метров от края каркаса здания. Монтаж будет осуществляться двумя кранами.

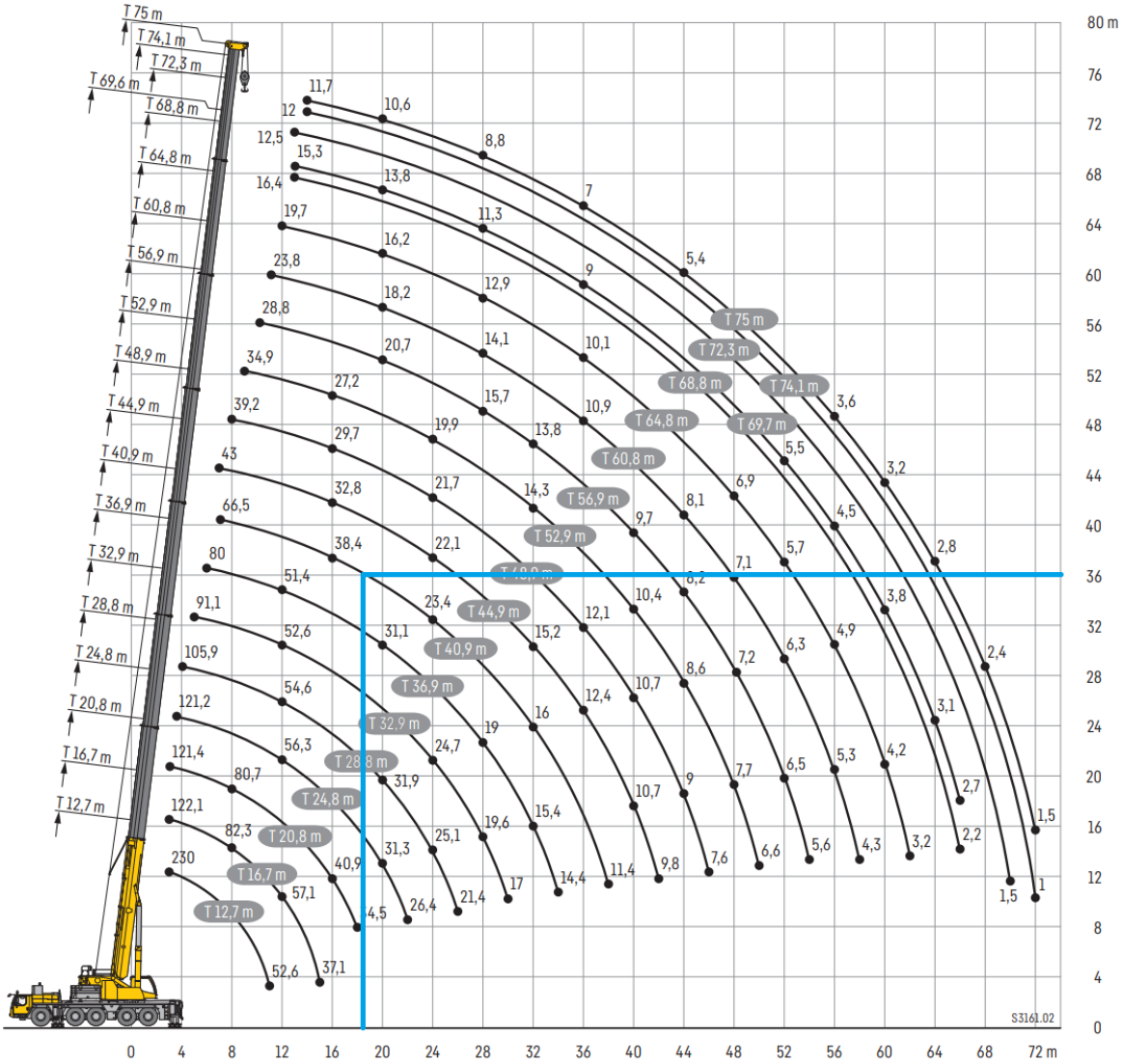


Рисунок 5.1 – График грузоподъемности крана

5.6 Техника безопасности и охрана труда

Общие требования.

При работе на объекте строительства нескольких организаций необходимо предусмотреть мероприятия по безопасности труда в соответствии с «Положением о взаимоотношениях организаций - генеральных подрядчиков и субподрядных организаций».

Все вновь поступающие рабочие могут быть допущены к работе только после прохождения вводного инструктажа и первичного инструктажа на рабочем месте по охране труда независимо от характера и степени опасности производства. Все виды инструктажа и обучения по безопасности труда следует проводить и регистрировать в соответствии с ГОСТ 12.0.004–2015 «Организация обучения безопасности труда» [47].

Рабочие, руководители, специалисты и служащие должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, соответствующими ГОСТ 12.4.011–89.

Рабочие места и подходы к ним должны быть освещены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.046–2014.

В случае возникновения угрозы безопасности и здоровью работников ответственные лица обязаны прекратить работы и принять меры по устранению опасности, а при необходимости - обеспечить эвакуацию людей в безопасное место.

Техника безопасности при выполнении монтажных работ.

К самостоятельным верхолазным работам допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие профессиональную подготовку, прошедшие вводный инструктаж и на рабочем месте по охране труда, медицинский осмотр и признанные годными по состоянию здоровья к данным видам работ, имеющие стаж верхолазных работ не менее 1 года и тарифный разряд не ниже 3-го. Не допускается выполнять монтажные работы на высоте на открытых местах при скорости ветра 15 м/с и более, при гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ. С организацией рабочего места, разработанных в технологических картах, ознакомить всех работающих, согласно профилю выполняемых работ, под роспись. При производстве строительно-монтажных работ соблюдать требования ГОСТ 12.3.002–2014 и предусматривать технологическую последовательность производственных операций так, чтобы предыдущая операция не являлась источником производственной опасности при выполнении последующих. Грузозахватные приспособления, стропы и прочий инвентарь должны быть снабжены бирками с указанием грузоподъемности. Их испытывают на двойную нагрузку не менее двух раз в год, по результатам освидетельствования выдают специальные паспорта. На строительной площадке должны быть вывешены предупредительные плакаты и установлено сигнальное и рабочее освещение. Все рабочие места должны быть освещены в вечерние и ночные часы. Для движения людей на строительной площадке ширина проходов должна быть не менее 1 м, если по этим проходам не переносят грузы, и не менее 2 м, если переносят грузы. В проходах, расположенных на откосах или косогорах с уклоном более 20°, устанавливают лестницы или стремянки шириной не менее 0,3 м с односторонними прочными перилами высотой 1 м. Все проходы и проезды необходимо постоянно очищать от мусора и строительных материалов, а зимой от снега и льда и посыпать песком, шлаком или золой. Площадки для складирования материалов должны быть тщательно спланированы и выровнены, а в зимнее время очищены от снега и льда. Для удаления поверхностных вод необходимо устраивать водоотводы. Укладывать и разбирать штабеля следует механизированным способом.

Требования безопасности перед началом работы.

Осмотреть и надеть спецодежду, спец. обувь, каску, средства индивидуальной защиты, предохранительный пояс. Проверить состояние рабочего места, наличие средств подмащивания, исправность грузозахватных приспособлений, их соответствие проекту производства работ, наличие и

исправность инструмента. Убедиться в наличии знаков безопасности (сигнального ограждения), указывающих опасные зоны у здания и опасные зоны вблизи мест перемещения грузов кранами в соответствии с ППР. Провести инструктаж с записью в журнале проведения инструктажей, выполнить требования ГОСТ Р 58752–2019 «Средства подмащивания. Общие технические условия» и ГОСТ Р 12.3.053–2020 ССБТ. Строительство. Ограждения защитные инвентарные. Общие технические условия.

Требования безопасности при выполнении работы.

На участке, где ведутся монтажные работы, не допускается выполнение других работ и нахождение посторонних лиц. Строповку КДК следует производить в соответствии с проектом производства работ грузозахватными средствами. Несущие ребра во время перемещения должны удерживаться от раскачивания и вращения гибкими оттяжками. На монтажной площадке должен быть установлен порядок обмена условными сигналами между лицом, руководящим подъемом, и машинистом крана. В присутствии стропальщика проверяется исправность приборов безопасности крана. Все сигналы подаются только одним лицом - бригадиром монтажной бригады, звеньевым или стропальщиком. Сигнал «Стоп» подается любым работником, заметившим опасность. Машинист крана должен быть осведомлен, чьим командам он подчиняется.

Обеспечение экологической безопасности.

Все мероприятия по охране окружающей среды проводятся в соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Для предупреждения от запыления окружающих строительную площадку территорий следует систематически вывозить строительный мусор и отходы. Складировать строительный мусор следует только в специально предназначенных для этого мусорных контейнерах. Запрещается сжигание всех сгорающих отходов, чтобы не загрязнять воздушное пространство. Чистота воздуха рабочей зоны производственных помещений и контроль за состоянием воздуха рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005–88.

Обеспечение пожарной безопасности.

При производстве монтажных работ следует соблюдать требования СП 112.13330.2011 [48]. Пожарная безопасность зданий и сооружений и ППБ 01–03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации». Места производства работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения - огнетушителями, бочками с водой, ящиками с песком, ломами, топорами, лопатами, баграми, ведрами. Каждый рабочий должен знать свои обязанности при возникновении пожара и его тушении, уметь пользоваться средствами пожаротушения, быстро оповещать пожарную команду, пользуясь средствами связи. Противопожарное оборудование должно содержаться в исправном, работоспособном состоянии. Проходы к противопожарному оборудованию

должны быть всегда свободны и обозначены соответствующими знаками. Все электротехнические установки по окончании работ необходимо выключать, а кабели и провода обесточивать. Сушка одежды и обуви должна производиться в специально приспособленных для этих целей помещениях, зданиях или сооружениях с центральным водяным отоплением либо с применением водяных калориферов. Устройство сушилок в тамбурах и других помещениях, располагающихся у выходов из зданий, не допускается. Не разрешается накапливать на строительных площадках горючие вещества, их следует хранить в закрытых металлических контейнерах в безопасном месте. Для курения должны быть отведены специальные места, оборудованные урнами, бочками с водой, ящиками с песком. Для предупреждения пожаров необходимо строго соблюдать требования противопожарной безопасности и регулярно проводить инструктаж работающих.

Обеспечение электробезопасности.

При выполнении работ на производственной территории должны соблюдаться требования ГОСТ 12.1.019–2017 «ССБТ. Электробезопасность» и ГОСТ 12.1.030 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. защитное заземление. зануление». Устройство и техническое обслуживание временных и постоянных электрических сетей на производственной территории следует осуществлять силами электротехнического персонала, имеющего соответствующую квалификационную группу по электробезопасности. Светильники общего освещения напряжением 127 и 220 В должны устанавливаться на высоте не менее 2,5 м от пола. При высоте подвески менее 2,5 м необходимо применять светильники специальной конструкции или использовать напряжение не выше 42 В. Питание светильников напряжением до 42 В должно осуществляться от понижающих трансформаторов, машинных преобразователей, аккумуляторных батарей. Применять для указанных целей автотрансформаторы, дроссели и реостаты запрещается.

5.7 Технико-экономические показатели

Калькуляция затрат труда и машинного времени приведена в графической части работы на листе 12 таблица «Калькуляция труда и машинного времени». Технико-экономические показатели приведены в таблице в графической части работы на листе 12 и в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Единицы измерения	Количество
Объём работ	$м^3$	3320,68
Трудоёмкость	чел.-см.	1374,33
Продолжительность работ	дни	54
Выработка одного рабочего в смену	$м^3$	2,42
Количество смен	смены	2
Максимальное число рабочих в смену	чел.	34

6 Организация строительного производства

6.1 Характеристики района по месту расположения объекта капитального строительства и условия строительств

Площадка под строительство пассажирского терминала аэропорта расположена в Ангарском округе Иркутской области. Начало строительства – 01.05.2023.

Иркутск расположен в Восточной Сибири на берегу реки Ангара, примерно в 520 километрах к юго-востоку от Байкала. Ситуационный план участка приведен на рисунке 6.1.

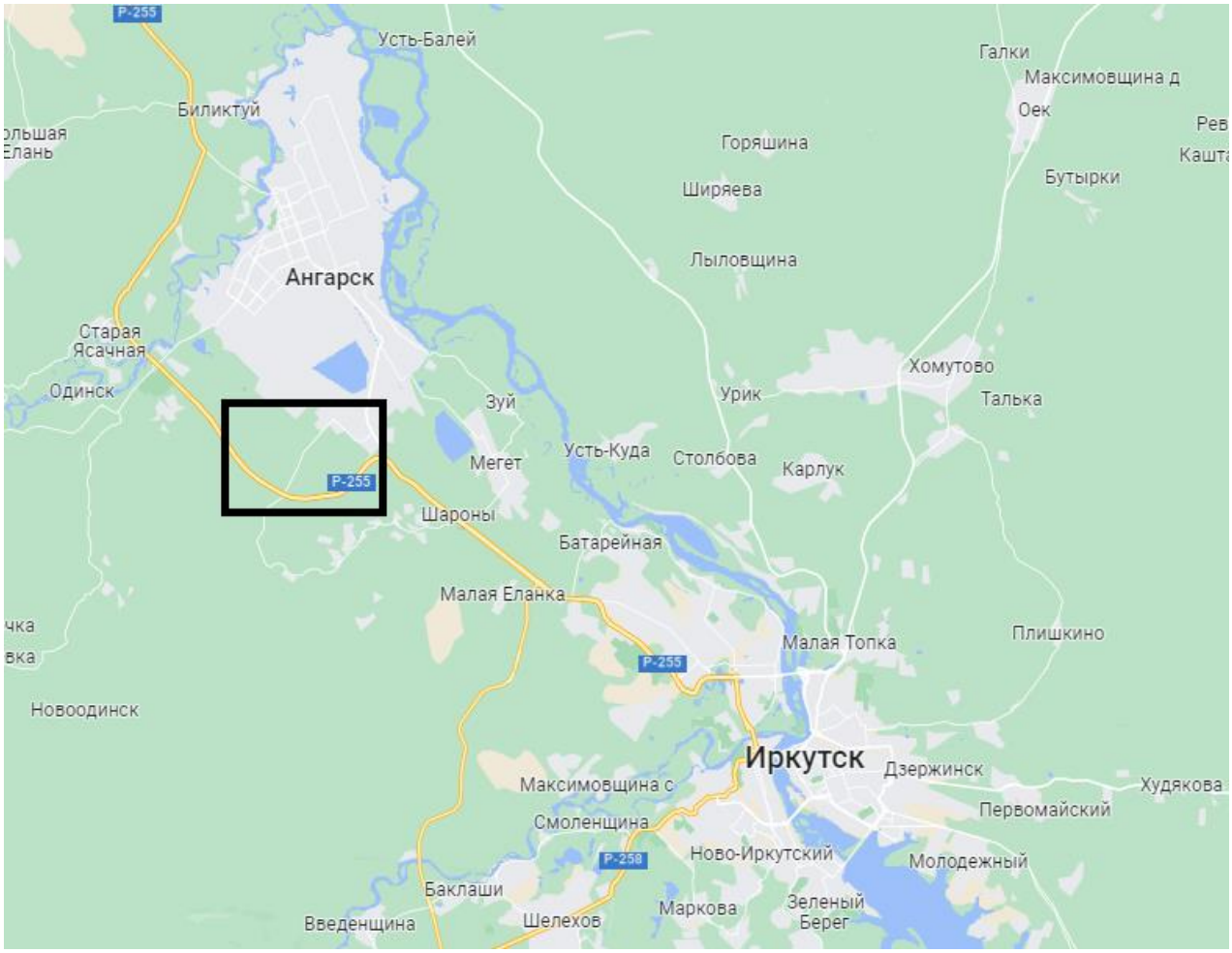


Рисунок 6.1 – Ситуационный план участка

Климат.

Из-за удаленности морей климат Иркутска резко континентальный, со значительными суточными и годовыми колебаниями температур воздуха. Разница летних и зимних температур может превышать 80°С. Среднегодовое солнцесияние составляет 318 дней.

Отрицательная температура устанавливается в октябре и держится до середины апреля. Зима суровая, затяжная, продолжительностью около 6 месяцев.

С приходом сибирского антициклона устанавливается ясная, морозная и безветренная погода. Самый холодный месяц в году – январь, средняя температура составляет -18°С. Весна сухая, короткая, снег сходит в апреле, плюсовая температура устанавливается к началу мая. Лето в первой половине жаркое и сухое, на вторую половину приходятся затяжные дожди. Самый теплый месяц – июль, средняя температура составляет 18°С. Осень теплая и сухая, характерны резкие суточные перепады температур.

Город расположен во 2-ой зоне морозостойкости. Нормативная глубина промерзания грунтов, по многолетним данным, составляет 2,8 м.

Среднегодовая скорость ветра – 2,1 м/с. Наибольшее количество ветреных дней приходится на весну и осень. Среднегодовая влажность воздуха умеренная – 72 %.

Грунты.

Подробное описание инженерно-геологических элементов дано в п. 4.2.

В районе изысканий в сфере взаимодействия с геологической средой к специфическим грунтам можно отнести техногенные грунты, которые представлены насыпными грунтами: суглинками от легких до тяжелых, от пылеватых до песчанистых, от полутвердых до текучепластичных, с включениями гальки и гравия. Мощность составляет 3,0 м.

Набухающие, просадочные, засоленные грунты не встретились.

Согласно табл. 1 СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» [26] по сейсмическим свойствам грунты относятся к II категории.

Сейсмическая интенсивность участка изысканий определена по карте ОСР-2016-В с вероятностью 10 % возникновения и возможного превышения сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 в течение 50 лет (период повторяемости $T = 500$ лет) и составляет 9 баллов. Расчетную сейсмичность участка проектируемого строительства, с учетом инженерно-геологического строения района изысканий, рекомендуется принять равной 9 баллам.

6.2 Оценка развитости транспортной инфраструктуры

Рядом с территорией строительной площадки проходит Московский тракт. Снабжение строящегося здания строительными материалами, изделиями, элементами, конструкциями с предприятий изготовителей обеспечивается автотранспортом по дорогам общего пользования.

По территории Иркутской области проходят участки Восточно-Сибирской и Красноярской железных дорог.

6.3 Сведения о возможности использования местной рабочей силы при осуществлении строительства

Строительство предполагается осуществлять подрядным способом с привлечением местных строительных организаций из г. Иркутска, г. Ангарска и близлежащих поселений Ангарского района.

Для выполнения СМР привлекаются комплексные бригады. Для выполнения специальных строительных и монтажных работ привлекаются специализированные строительные организации

6.4 Перечень мероприятий по привлечению для осуществления строительства квалифицированных специалистов, в том числе для выполнения работ вахтовым методом

Строительство объекта осуществляется силами строительно-монтажных организаций г. Иркутска и г. Ангарска, располагающих для выполнения строительных, монтажных и специальных строительных работ необходимым набором строительных машин, механизмов, автотранспорта, баз стройиндустрии, а также квалифицированными кадрами.

Необходимость привлекать иногородних специалистов и выполнять работы вахтовым методом отсутствует.

В случае нехватки специалистов для их привлечения необходимо выполнение следующих мероприятий:

- установление достойного уровня заработной платы;
- введение системы премиальных надбавок наиболее грамотным и добросовестным работникам;
- предоставление временного жилья для работников на период строительства или денежная компенсация за съем;
- оплата командировочных расходов;
- повышение квалификации и дополнительное обучение работников за счет средств подрядной организации;
- денежная компенсация за использование мобильной сотовой связи, проезда в городском общественном транспорте и использование личного автомобильного транспорта в рабочих целях;
- обеспечение специалистов современными средствами индивидуальной защиты, специальной одеждой и инструментом.

Также для привлечения квалифицированных специалистов подрядной организацией должны быть организованы запросы в центры занятости населения и биржи труда в прилегающих районах и республиках, что позволит в кратчайшие сроки найти нужного специалиста на вакантные должности.

6.5 Характеристика земельного участка, предоставленного для строительства, обоснование необходимости использования для строительства земельных участков вне земельного участка, предоставляемого для строительства объекта капитального строительства

Участок для строительства пассажирского терминала аэропорта с покрытием из деревянных конструкций пролетом 100 м, расположен в Ангарском округе Иркутской области около поселка Ключевая. Площадку огибает Московский тракт Р-255, рядом с площадкой находится съезд с тракта на автомобильную дорогу Юго-Восточный.

Участок работ находится на незастроенной территории. Условия для строительства нормальные. Рельеф участка холмистый, поверхность площадки относительно ровная. Разность отметок составляет не более 1 м.

Площадь участка достаточна для размещения необходимых временных зданий, складов и оборудования. Размещение проектируемых объектов не требует использования для строительства земельных участков вне земельного участка предоставляемого для строительства объекта капитального строительства.

Въезд на территорию строительной площадки предусматривается со стороны Московского тракта по автомобильной дороге Юго-Восточный и далее по дорогам, устроенным на территории участка.

6.6 Описание особенности проведения работ в условиях действующих предприятий, в местах расположения подземных коммуникаций, линий электропередачи и связи для объектов производственного назначения

При выполнении работ в охранных зонах сооружений или коммуникаций наряд-допуск может быть выдан при наличии письменного разрешения организации- владельца этого сооружения или коммуникации.

Электросварочные, огнеопасные и газоопасные работы выполнять в соответствии с требованиями раздела 9, СНиП 12-03-2001; разделов XIV, XV ППБ 01-03*; раздела 6, ПОТ Р М -021-2002 «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных АЗС».

6.7 Описание особенностей проведения работ в условиях стесненной городской застройки, в местах расположения подземных коммуникаций, линий электропередачи и связи для объектов непроизводственного назначения

Проектируемое здание не попадает в зону стесненной городской застройки. Ограничение зон обслуживания крана не требуется.

6.8 Обоснование принятой организационно-технологической схемы, определяющей последовательность возведения зданий и сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, обеспечивающей соблюдение установленных в календарном плане строительства сроков завершения строительства

При выборе методов производства работ принята комплексная механизация строительно-монтажных работ и с применением средств малой механизации, обеспечивающих возведение комплекса в оптимальные сроки.

Строительно-монтажные работы выполняются с соблюдением строительных норм, правил, стандартов и технических условий проекта

Работы выполняются в два периода: подготовительный и основной – в соответствии с СП 48.13330.2019 Организация строительства [43].

В подготовительный период выполняются следующие работы и мероприятия:

− устройство временного ограждения стройплощадки с установкой предупредительных и указательных знаков, паспорта объекта и схемы движения автотранспорта;

− установка прожекторов освещения стройплощадки по периметру ограждения;

− планировка территории строительной площадки;

− устройство контрольно-пропускных пунктов и системы охраны объекта;

− создание геодезической разбивочной основы для строительства;

− установка временных зданий и сооружений санитарно-бытового и административного назначения вне зоны действия крана;

− прокладка временных технологических дорог и инженерных сетей в объеме, необходимом для нужд строительства;

− организация зоны складирования конструкций и материалов с щебеночным уплотненным основанием;

− создание необходимого запаса строительных конструкций, материалов и готовых изделий;

− поставка или перебазировка на рабочее место строительных машин и передвижных (мобильных) установок;

− организация поста мойки колес грузового автотранспорта у выезда со строительной площадки;

− организация инструментального хозяйства для обеспечения бригад средствами малой механизации, инструментом, средствами измерений и

контроля, подмащивания, ограждениями и монтажной оснасткой в составе и количестве, предусмотренными нормокомплектами;

− разработка проектов производства работ и привязка по месту типовых технологических карт на отдельные виды работ;

− разработка и осуществление мероприятий по организации труда и обеспечению строительных бригад картами трудовых процессов;

− разработка и утверждение комплекса мер и мероприятий по ведению строительства в зимних условиях с учетом территориального расположения объекта.

В основной период выполняются следующие работы и мероприятия:

− строительство здания терминала (первая очередь – сектор А);

− прокладка инженерных сетей;

− благоустройство территории.

Способы производства работ должны обосновываться в проекте производства работ исходя из возможностей строительной организации и особенностей площадки строительства.

Доставка на площадку строительных материалов, конструкций и изделий осуществляется с помощью автотранспорта с использованием существующих подъездных автодорог.

Деревянные конструкции планируется поставлять с завода, расположенного в 19 км от г. Иркутск (пос. Хомутово), прочие конструкции и строительные материалы - из Иркутска, Ангарска и Иркутской области.

Складирование материалов, конструкций и изделий предусматривается на приобъектной складской площадке в зоне действия монтажных механизмов.

6.9 Перечень видов строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, участок сетей инженерно-технологического обеспечения, подлежит освидетельствованию с составлением соответствующих актов приемки перед производством последующих работ и устройством последующих конструкций

При осуществлении строительства на объекте должны вестись общий и специальные журналы работ, журнал авторского надзора.

Скрытые работы подлежат освидетельствованию с составлением актов по форме, установленных СП 48.13330.2019 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 [43].

Акт освидетельствования скрытых работ должен составляться на завершенный процесс, выполненный самостоятельным подразделением исполнителей.

Освидетельствование скрытых работ и составление акта в случаях, когда последующие работы должны начинаться после перерыва, следует производить непосредственно перед производством последующих работ.

Запрещается выполнение последующих работ при отсутствии актов освидетельствования предшествующих скрытых работ во всех случаях.

Ответственные конструкции по мере их готовности подлежат приемке в процессе строительства (с участием представителя проектной организации или авторского надзора) с составлением акта промежуточной приемки этих конструкций по форме, установленной СП 48.13330.2019 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 [43].

Лицо, осуществляющее строительство, в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности должно вести исполнительную документацию:

- акты освидетельствования геодезической разбивочной основы объекта капитального строительства;
- акты разбивки осей объекта капитального строительства на местности;
- акты освидетельствования скрытых работ, которые оказывают влияние на безопасность объекта капитального строительства и в соответствии с технологией строительства контроль за выполнением которых не может быть проведен после выполнения других работ;

- акты освидетельствования ответственных конструкций, устранение выявленных в процессе проведения строительного контроля недостатков в которых невозможно без разборки или повреждения других строительных конструкций и участков сетей инженерно-технического обеспечения;

- акты освидетельствования участков сетей инженерно-технического обеспечения, устранение выявленных в процессе проведения строительного контроля недостатков в которых невозможно без разборки или повреждения других строительных конструкций и участков сетей инженерно-технического обеспечения;

- комплект рабочих чертежей с надписями о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или о внесенных в них по согласованию с проектировщиком изменениях, сделанных лицами, ответственными за производство строительно-монтажных работ;

- исполнительные геодезические схемы и чертежи;

- исполнительные схемы и профили участков сетей инженерно-технического обеспечения;

- акты испытания и опробования технических устройств;

- результаты экспертиз, обследований, лабораторных и иных испытаний выполненных работ, проведенных в процессе строительного контроля;

- документы, подтверждающие проведение контроля за качеством применяемых строительных материалов (изделий);

- иные документы, отражающие фактическое исполнение проектных решений.

По мере готовности работ и конструкций, показатели качества которых влияют на безопасность здания (сооружения), и если в соответствии с технологией строительства эти показатели не могут быть проконтролированы после выполнения последующих работ, лицо, осуществляющее строительство, в сроки по договоренности, но не позднее чем за три рабочих дня извещает застройщика (заказчика), представителей органов государственного контроля (надзора) и авторского надзора о сроках выполнения соответствующей процедуры оценки соответствия.

Выявленные такой процедурой недостатки должны быть устранены с составлением соответствующих актов.

До устранения выявленных недостатков и оформления соответствующих актов выполнение последующих работ недопустимо.

6.10 Технологическая последовательность работ при возведении объектов капитального строительства или их отдельных элементов

К строительным работам генподрядчик приступает при наличии утвержденного проекта производства работ (ППР). Перед началом выполнения строительно-монтажных работ необходимо оформить акт-допуск по форме Приложения В, СНиП 12-03-2001.

На стадии подготовки площадки к строительству должна быть создана геодезическая разбивочная основа, служащая для планового и высотного обоснования при выносе проекта на местность, а также для геодезического обеспечения на всех стадиях строительства. Разбивку строительной сетки на местности начинают с выноса в натуру исходного направления, для чего используют имеющуюся на площадке (или вблизи от нее) геодезическую сеть. Разбив строительную сетку, ее закрепляют в местах пересечения постоянными знаками с плановой точкой. Детальные геодезические построения должны заключаться в построении установочных рисок, фиксирующих плановое и высотное проектное положение несущих элементов. При производстве детальных геодезических построений обязательно должны быть выполнены контрольные измерения, обеспечивающие надежную оценку точности устройства конструкций в соответствии со СП 126.13330.2017. В процессе строительства необходимо следить за сохранностью и устойчивостью знаков геодезической разбивочной основы.

Земляные работы.

Перед началом производства земляных работ необходимо вызвать представителей инженерных коммуникаций с целью определения фактического расположения сетей. В случае обнаружения в процессе производства земляных работ неуказанных в проекте коммуникаций, подземных сооружений или взрывоопасных материалов земляные работы должны быть приостановлены до получения разрешения соответствующих органов.

Производство земляных работ разрешается только после выполнения геодезических разбивочных работ по выносу в натуру проекта земляных сооружений и постановки соответствующих разбивочных знаков.

Производство земляных работ в охранной зоне действующих коммуникаций осуществляется по наряду-допуску, под непосредственным наблюдением руководителя работ, а в охранной зоне кабелей, находящихся под напряжением, в присутствии работников, эксплуатирующих эти коммуникации. Разработка грунта в непосредственной близости от действующих подземных коммуникаций допускается только при помощи лопат, без использования ударных инструментов.

Производство работ и контроль вести в строгом соответствии с требованиями СП 45.13330.2017 "Земляные сооружения, основания и фундаменты".

Срезку растительного слоя предусматривается вести с применением бульдозеров типа Д-259 на базе трактора Т-100. Разработка грунту будет выполняться одноковшовым экскаватором, оборудованным обратной лопатой, марка экскаватора КМ-602 с вместимостью ковша 0,6 м^3. Возможно применение и других механизмов в соответствии с ППР, разработанным подрядной организацией. Отсыпку насыпей при вертикальной планировке и обратную засыпку следует производить послойно с тщательным уплотнением. В месте установки крана следует выполнить земляные планировочные работы,

временную дорогу. Не разрешается устанавливать кран на свеженасыпанном неутрамбованном грунте, а также на площадке с уклоном, превышающим указанный в паспорте.

Устройство свайных фундаментов.

Фундаменты запроектированы с буронабивными сваями и монолитными ростверками, заглубленными на отметку -2.500. Первый этаж терминала располагается на монолитной железобетонной плите с подстилающими слоями.

Бурение каждой скважины должно начинаться после инструментальной проверки отметок спланированной поверхности земли и положения осей буронабивной сваи на площадке. Бурение скважин должно вестись с применением инвентарной обсадной трубы, состоящей из отдельных секций длиной 2, 4, 6 м и режущего наконечника. Режущий наконечник монтируется в нижнем фланце первой секции обсадной трубы.

В ходе работ необходимо непрерывно следить за характером проходимых грунтов. При изменении вида грунтов следует за менять рабочий орган.

Поскольку расстояние между сваями в свету превышает диаметр сваи, взаимный порядок бурения и бетонирования скважин не регламентируется.

Перед началом бурения скважин внутренние поверхности секций инвентарных обсадных труб должны быть тщательно очищены от налипшего грунта и цементного молока, попавшего на их стенки при бетонировании предыдущей скважины. На строительной площадке должен быть специальный участок для очистки и мойки секций обсадных труб.

Монолитные бетонные и железобетонные конструкции.

Данные конструкции выполняются согласно СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции" [46]. Перед укладкой бетонной смеси необходимо проверить и принять закрываемое основание, правильность установки и надлежащее закрепление опалубки и поддерживающих ее конструкций, готовность к работе всех средств механизации укладки бетонной смеси. В пределах сменной захватки бетонирование следует производить без перерыва. Укладку бетона необходимо вести методом непрерывного бетонирования, с обязательным виброуплотнением смеси. На время перерывов при укладке поверхность бетона необходимо защищать от загрязнений, атмосферных осадков и замерзания. При этом не допускается опирание вибраторов на арматуру и закладные изделия, тяжи и другие элементы крепления опалубки. Уплотнение бетонной смеси в фундаментах производить поверхностными вибраторами. Перекрытие предыдущего слоя бетона последующим должно быть выполнено до начала схватывания бетона в предыдущем слое. Время выдерживания бетонной смеси и распалубки конструкций должно назначаться в ППР. При устройстве монолитных конструкций рекомендуется применять сборно-разборную инвентарную щитовую опалубку.

Мероприятия по уходу за бетоном в период набора прочности, порядок и сроки их проведения, контроль, за выполнением этих мероприятий необходимо осуществлять в соответствии с требованиями СП 70.13330.2012 [46].

Сварочные работы.

Следует производить по утвержденному проекту производства сварочных работ или другой технологической документации. Сварку и прихватку должны выполнять электросварщики, имеющие удостоверение на право производства сварочных работ, выданное в соответствии с утвержденными Правилами аттестации сварщиков.

Электроснабжение.

Работы и подключение к существующим сетям выполняется на основании технических условий. При необходимости отключения существующих сетей, точное время и продолжительность отключения определяется в ППР, исходя из фактического наличия материалов, оборудования, машин, механизмов и специалистов, занятых в строительстве.

Монтаж строительных конструкций.

Следует производить по существующим технологическим картам и утверждённому ППР, увязанному с выполнением предшествующих и последующих после монтажа работ.

При монтаже конструкций необходимо обеспечить:

- устойчивость и неизменяемость смонтированной части конструкций сооружения на всех стадиях монтажа;
- устойчивость и прочность конструкций при монтажных нагрузках.

Для монтажа конструкций предусмотрено использовать типовую монтажную оснастку, позволяющую осуществлять подъем, временное крепление и выверку. Все монтажные операции (раскладка, разметка, строповка, подъём, установка и закрепление) выполнять по типовым технологическим картам в соответствии с ППР.

Не допускается нахождение людей под монтируемыми элементами конструкций и оборудования до установки их в проектное положение.

До начала выполнения монтажных работ необходимо установить порядок обмена сигналами между лицом, руководящим монтажом и машинистом.

Все сигналы подаются только одним лицом (бригадиром, звеньевым, такелажником-стропальщиком), кроме сигнала "Стоп", который может быть подан любым работником, заметившим явную опасность.

В особо ответственных случаях (при подъеме конструкций с применением сложного такелажа, метода поворота, при надвижке крупногабаритных и тяжелых конструкций, при подъеме их двумя или более механизмами и т.п.) сигналы должен подавать только руководитель работ.

Установленные в проектное положение элементы конструкций или оборудования должны быть закреплены так, чтобы обеспечивалась их устойчивость и геометрическая неизменяемость.

Расстроповку элементов конструкций и оборудования, установленных в проектное положение, следует производить после постоянного или временного их закрепления согласно проекту. Перемещать установленные элементы конструкций или оборудования после их расстроповки, за исключением случаев использования монтажной оснастки, предусмотренных ППР, не допускается.

Монтаж большепролетных деревянных конструкций покрытия.

При монтаже рекомендуется соблюдать требования СТО НОСТРОЙ 2.11.88-2013 «Строительные конструкции деревянные. Сборка и монтаж конструкций деревянных клееных.

Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ» и СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» [46]. Технологическая карта на монтаж деревянных конструкций купола приведена в разделе 5.

Каменные работы.

Газобетонные и пенобетонные блоки на строительную площадку доставляется бортовым автотранспортом. Раствор доставляется в растворовозах и перегружается в специальные бункеры с секторными затворами. Кладка стен и перегородок осуществляется с инвентарных шарнирно-панельных подмостей и подмосте, устанавливаемых внутри здания.

Подача блоков, раствора в металлических ящиках-контейнерах, подмостей, элементов трубчатых лесов и другого инвентаря выполняется с помощью грузоподъемного механизма, занятого на производстве каменных работ.

Погрузочно-разгрузочные работы.

Производить в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.009-76 "Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности".

При разгрузке элементов такелажник обязан сойти с транспортных средств сразу же после натяжения строп. При этом команду крановщику на подъем элемента он подает, стоя на земле на безопасном расстоянии от транспортных средств.

Стропальщики (такелажники) перед началом работы обязаны:

− изучить схемы строповки монтируемых строительных деталей и других поднимаемых в процессе работы грузов и в дальнейшем применять в каждом случае соответствующее грузозахватное приспособление;

− проверить исправность грузозахватных приспособлений, тары и наличие на них указаний собственной массы и предельной массы груза, для транспортировки которого они предназначены;

− проверить освещение рабочего места. При недостаточном освещении доложить об этом лицу, ответственному за безопасное перемещение грузов кранами.

Перед каждой операцией по подъему и перемещению груза стропальщик должен лично подавать соответствующий сигнал машинисту крана или сигнальщику, а сам должен выходить из опасной зоны. Затем следует проверить правильность строповки: при необходимости перестроповки груз должен быть опущен.

После завершения строительства на территории должен быть убран строительный мусор, ликвидированы ненужные выемки и насыпи и проведено благоустройство территории.

Кровельные работы.

Кровельные работы выполнять в соответствии с рабочими чертежами, в которых указаны конструкции, уклоны, примыкания, виды и марки кровельных материалов. Подача рулонных материалов и утеплителя предусматривается с помощью грузоподъемных механизмов, предусмотренных для производства работ надземного цикла. Работы выполнять в соответствии с СП 71.13330.2017 «Изоляционные и отделочные покрытия» и СП 17.13330.2017 «Кровли».

Отделочные работы.

До начала отделочных работ должны быть произведены следующие работы:

− выполнена защита отделываемых помещений от атмосферных осадков;

− устроены гидроизоляция, тепло- и звукоизоляция и выравнивающие стяжки по перекрытиям;

− загерметизированы швы между блоками и панелями;

− заделаны и изолированы места сопряжений оконных, дверных блоков;

− остеклены световые проемы;

− организован тепловой контур, обеспечивающий температуру внутри помещений не ниже 100°С и влажность воздуха не более 60 %.

Оштукатуривание и облицовку (по проекту) поверхностей в местах установки изделий санитарно-технических систем необходимо выполнить до начала их монтажа. Отделочные работы предусматривается выполнять с инвентарных шарнирно-панельных подмостей и подмостей по месту, устанавливаемых внутри здания.

Благоустройство.

Завершающим этапом строительства здания являются работы по благоустройству, включающие устройство проездов, тротуаров, пешеходных дорожек, площадок, оград, оборудование мест отдыха и озеленение. Работы выполнять по рабочей документации, разработанной проектной организацией, в соответствии со СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий», СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги».

Сбор производственных отходов, строительного и бытового мусора.

На строительной площадке предусматривается в строго отведенных местах, указанных подрядчиком при разработке ППР. Вывозка осуществляется автотранспортом по мере накопления в соответствии с требованиями действующих санитарных норм.

Журнал производства работ.

С момента начала работ до их завершения Подрядчик должен вести журнал производства работ. В журнале отражается ход и качество работ, а также все факты и обстоятельства, имеющие значение в производственных отношениях Заказчика и Подрядчика (дата начала и окончания работ, дата предоставления материалов, услуг, сообщения о принятии работ, задержках, связанных с несвоевременной поставкой материалов, выхода из строя строительной техники, мнение Заказчика по частным вопросам, а также все то, что может повлиять на окончательный срок завершения работ).

Основные физические объемы строительно-монтажных работ и расход строительных материалов приведены в сметной документации.

Мероприятия по производству работ в зимних условиях.

Строительство в зимний период обосновываются технико-экономическими расчетами и разрабатываются в специальном ППР с использованием соответствующих технологических карт. Строительно-монтажные работы при среднесуточной температуре ниже +5°С и минимальной суточной температуре ниже 0°С, а также при оттепелях производить в соответствии с «Указаниями по производству работ в зимних условиях». При этом необходимо помнить:

− организация работ на открытой территории должна соответствовать требованиям СанПиН 2.2.3.1384-03 (глава 2.2.3 гл. VIII);

− работа землеройных машин с подготовленным к разработке грунтом должна производиться круглосуточно во избежание промерзания грунта во время перерывов. Грунт, подлежащий использованию для обратной засыпки котлованов и траншей, должен укладываться в отвалы с применением мер против его промерзания. Обратную засыпку котлованов и траншей следует производить с соблюдением следующих требований:

− количество мерзлых комьев в грунте, которым засыпают пазухи не должно превышать 15 % от общего объема засыпки;

− при засыпке пазух внутри зданий применение мерзлого грунта не допускается;

− при производстве бетонных работ в зимнее время дополнительно контролируют качество основания, опалубки и точность установки арматуры, качество бетонной смеси при ее транспортировании и подаче, укладку и уплотнение. При выгрузке бетонной смеси из транспортных средств контролируют ее температуру и подвижность. Температура укладываемой бетонной смеси должна быть не меньше плюс 15°С. Особое внимание уделяют

контролю за послойной укладкой и уплотнением смеси. При производстве бетонных работ в зимнее время необходимо использовать бетонные смеси с положительной температурой, добавления в бетонную смесь хлористых солей, прогрев методом "термоса", электроподогрев непосредственно перед укладкой, электроподогрев и паропрогрев уложенного бетона. Метод выдерживания бетона (когда прочность бетона конструкций должна составлять к моменту возможного промерзания не менее $50\ кг/см^2$ и не менее 50 % проектной прочности) определяется в проекте производства работ. Бетон следует укрывать участками по 3-4 м во избежание охлаждения и промерзания наружного слоя бетона (3-4 см);

− в проекте производства работ должны быть предусмотрены специальные мероприятия при заделке стыков, когда среднесуточная температура становится ниже $+5\ °C$ и минимальная суточная температура $0\ °C$. Для заделки стыков могут использоваться растворы и бетоны с добавкой нитрита натрия или методы электропрогрева. Подготовка стыка к заделке в зимних условиях заключается в очистке его поверхностей от снега и наледи, применяя скребки, металлические щетки, электровоздуховоды, ТЭНы или методы инфракрасного излучения;

− опалубка и арматура перед бетонированием должны быть очищены от снега и наледи;

− сварка деталей металлоконструкций из малоуглеродистых сталей при температуре наружного воздуха менее $-30°C$ и конструкций из среднеуглеродистых сталей при температуре ниже $-15°C$ – запрещается;

− при складировании конструкций во избежание образования на них наледи следует применять высокие подкладки и другие меры, защищающие от намокания сверху и исключающие обледенение стыкуемых поверхностей зданий.

Сдача объекта.

Сдача объекта производится на основании письма Государственного комитета РФ по вопросам архитектуры и строительства от 9 июля 1993 г. № БЕ-19-11/13 «О временном положении по приемке законченных строительством объектов» и СП 48.13330.2019 «Организация строительства» [43].

По завершении работ, предусмотренных договором строительного подряда, участники строительства с участием органов власти или самоуправления, органов государственного контроля (надзора), осуществляют завершающую оценку соответствия законченного строительства объекта в форме приемки и ввода его в эксплуатацию.

Оценка соответствия может осуществляться государственной приемной комиссией в зависимости от требований конкретных технических регламентов.

Работы сезонного характера по посадке зеленых насаждений, устройству верхних покрытий дорог и тротуаров могут быть перенесены на более поздние сроки.

6.11 Размещение кранового оборудования на строительной площадке и определение опасных зон

Обоснование выбора крана произведено в пункте 5.5. Для возведения основных несущих конструкций здания будет использоваться кран Liebherr LTM 1230-5.1 на пневмоколесном ходу с выносными опорами с телескопической стрелой 75 м с максимальной грузоподъемностью 230 тонн.

Для сортировки, монтажа витражей, оконных и дверных блоков и прочих работ, используется кран SRC300T с длиной стрелы 35 м.

Расположение стоянок кранов осуществлялось из условия возможности монтажа конструкций при минимальном вылете от оси вращения. Для монтажа сегментов арки это 18 метров.

Величину границы монтажной зоны при падении грузов со здания принимаем от крайней точки стены здания с прибавлением наибольшего габаритного размера падающего груза и минимального расстояния отлёта груза при его падении по формуле

Радиус действия монтажной зоны $R_{монт}$, м, определяется по формуле

$$R_{монт} = L_г + X, \quad (6.1)$$

где $L_г$ - наибольший габарит перемещаемого груза, м

X - минимальное расстояние отлета груза при падении со здания, м.

Принимаем: для торцевых участков $L_г = 22{,}3$ м (укрупненный фрагмент решетчатой арки) и соответствующее ему значение $X = 5$ м; для продольных участков $L_г = 3$ м (импост витража) и соответствующее ему значение $X = 5$ м.

Подставляем значения в формулу (6.1), получаем:

- для торцевых участков

$$R_{монт} = 22{,}3 + 5 = 27{,}5 \text{ м};$$

- для боковых/продольных участков

$$R_{монт} = 3 + 5 = 8 \text{ м}.$$

Зоной обслуживания крана или рабочей называют пространство, находящееся в пределах линии, описываемой крюком крана. Она равна максимальному рабочему вылету крюка крана – 28,5 м (монтаж прогонов).

Опасной зоной работы крана называют пространство, где возможно падение груза при его перемещении с учетом его рассеивания или отлета при падении.

Радиус опасной зоны крана $R_{оп}$, м, определяется по формуле

$$R_{оп} = R_р + 0{,}5 \cdot B_г + L_г + X, \quad (6.2)$$

где $R_р$ – максимальный требуемый вылет крюка, м;

$B_г$ - ширина монтируемого элемента, м;

$L_г$ - длина монтируемого элемента, м;

X - минимальное расстояние отлета груза при падении с крана, м.

Принимаем для крана Liebherr LTM 1230-5.1: $R_р = 18$ м; $L_г = 22{,}3$ м; $X = 5$ м (монтируемый элемент – фрагмент решетчатой арки).

Принимаем для крана: $R_р = 25$ м; $L_г = 5$ м; $X = 5$ м (монтируемый элемент – панель витража).

Подставляем значения в формулу (6.2), получаем:

- опасная зона крана Liebherr LTM 1230-5.1

$$R_{оп} = 18 + 22{,}3 + 5 = 45{,}3 \text{ м};$$

- опасная зона крана SRC300T

$$R_{оп} = 25 + 5 + 5 = 35 \text{ м}.$$

6.12 Обоснования потребности строительства в кадрах, основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах, в топливе и горюче-смазочных материалах, а также в электроэнергии, паре, воде, временных зданиях и сооружениях

6.12.1 Потребность в трудовых ресурсах.

Потребность в строительных кадрах определена на основании календарного графика и приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Ведомость потребности в работающих

№	Категории работающих	Удельный процент работающих, %	Численность работающих, чел	Из них занято в наиболее многочисленную смену	
				Процент общего числа работающих, %	Всего, чел
1	Рабочие	83,5	71	80	57
2	ИТР*	10,5	9	90	13
3	Служащие	3,5	3		
4	МОП** и охрана	2,5	2		
	ИТОГО	100	85		70

* ИТР – инженерно-технические работники
** МОП – младший обслуживающий персонал

6.12.2 Потребность во временных зданиях и сооружениях.

Потребность во временных зданиях приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Экспликация временных зданий и сооружений

Временные здания	Кол-во человек	Площадь, м2		Тип помещения	Площадь, м2		Кол-во зданий
		на 1 чел.	расчетная		одного здания	всех зданий	
санитарно-бытовые помещения							
Гардеробная	71	0,9	63,90	ГД-15	70	70	1
Помещение для обогрева рабочих	57	1,2	68,40	ГД-15	70	70	1
Душевая	57	0,54	30,78	ГД8	17	34	2
Сушилка	57	0,2	11,40	1129-071	15,5	15,5	1
Умывальная	70	0,2	14,00	1129-071	15,5	15,5	1
Туалет для мужчин	49	0,07	3,43	ИК37-5	9	9	1
Туалет для женщин	21	0,14	2,94	ИК37-5	9	9	1
Столовая	85	0,6	51,00	ГОССМЦ	27	54	2
Медпункт	85	20 на 300 чел.	20,00	ГОССМЦ	27	27	1
служебные помещения							
Прорабская	9	24 на 5 чел.	48,00	С-16	48,6	48,6	1
Диспетчерская	1	7	7,00	ИК37-5	9	9	1
КПП	2	6	12,00	1129-024	15,5	15,5	1
					Итого	377,1	14
					Проходы 30%	113,13	
					ИТОГО	490,23	

Согласно расчёту, устанавливаем 16 временных сооружений общей площадью 490,23 м^2 с учётом проходов.

6.12.3 Электроснабжение строительной площадки.

Электроэнергия расходуется на производственные силовые потребители (краны, подъемники, транспортеры, сварочные аппараты, электроинструмент, электрооборудование подсобного производства), технологические нужды (электро-термообработка грунта, бетона и т.п.), внутреннее и наружное освещение.

Рассчитаем мощность, необходимую для обеспечения строительной площадки электричеством $P_{общ}$, кВт, по формуле

$$P_{общ} = 1{,}1\left(\sum \frac{P_c \cdot K_c}{\cos\varphi} + \sum \frac{P_t \cdot K_t}{\cos\varphi} + \sum P_{ов} \cdot K_{ов} + \sum P_{он} \cdot K_{он}\right), \quad (6.3)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий потери в сети;

$P_c -$ мощность силовых потребителей (башенные краны, сварочные трансформаторы и др.), кВА;

$K_c -$ коэффициенты спроса, зависящие от количества одновременных потребителей;

$\cos\varphi -$ коэффициент мощности, зависящий от количества и загрузки силовых потребителей;

$P_t -$ мощность, необходимая для технологии выполнения работ (например, прогрев бетона), кВт;

$P_{ов} -$ мощность, необходимая для освещения внутренних помещений, кВт;

$P_{он} -$ мощность, необходимая для наружного освещения строительной площадки, кВт.

Результаты расчета для каждого потребителя электроэнергии сведен в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Определение нагрузок по установленной мощности

Вид потребителя	**Наименование потребителя**	**Ед. изм.**	**Кол.**	P_0, кВт	K_c	$\cos\varphi$	P, кВт
Силовые потребители	Пневмоколесный кран Liebherr LTM 1230-5.1	шт	2	40	0,2	0,5	64
	SRC300T	шт	4	40	0,2	0,5	32
	Автобетононасос	шт	2	30	0,7	0,8	69,2
						Итого:	165,2
Внутреннее освещение	Отделочные работы	м^2	6380	0,015	0,8	1	56,55
	Конторские и бытовые помещения	м^2	325,1	0,015	0,8	1	3,90
	Душевые и уборные	м^2	53	0,003	0,8	1	0,13
	Закрытые склады	м^2	1455	0,015	0,8	1	27,46
	Открытые склады	м^2	2615	0,003	0,8	1	16,28
						Итого:	204,32
Наружное освещение	Территория строительства	м^2	63600	0,0002	1	1	12,72
	Основные проходы и проезды	км	0,95	5	1	1	4,75
	Охранное освещение	км	1,2	1,5	1	1	1,8
	Аварийное освещение	км	1,2	3,5	1	1	4,20
						Итого:	23,47

Подставляем суммарное значение, принятое по таблице 6.3, в формулу (6.3), получаем

$$P_{общ} = 1{,}1 \cdot (165{,}2 + 104{,}32 + 23{,}47) = 322{,}3 \text{ кВт}.$$

Принимаем трансформаторную подстанцию КТП СКБ Мосстроя мощностью 320 вКА (400 кВт) размером 3,32 х 2,22 м.

Расстановка источников освещения производится с учётом особенностей территории. Требуемое количество прожекторов для строительной площадки n, шт, определяется по формуле

$$n = \frac{m \cdot E_p \cdot S}{P_л}, \quad (6.4)$$

где m – коэффициент, учитывающий световую отдачу источников света, КПД прожекторов и коэффициент светового потока, лк;

$P_л$ – мощность лампы применяемых типов прожекторов, Вт;

S – освещаемая площадь, м^2;

E_p – требуемая освещенность, лк;

Требуемая освещенность E_p, лк, определяется по формуле

$$E_p = E_н \cdot K, \quad (6.5)$$

где $E_н$ – нормируемая освещенность (для охранного освещения);

K – коэффициент запаса для прожекторов.

Принимаем: $E_н = 1$ лк; $K = 1{,}5$.

Подставляем значения в формулу (6.5), получаем

$$E_p = 1 \cdot 1{,}5 = 1{,}5 \text{ лк}.$$

Принимаем: $P_л = 1500$ Вт/м^2 – лампы типа ДРЛ ПЗМ-45; $S = 63600$ м^2; $E_p = 1{,}5$ лк; $m = 0{,}9$.

Подставляем значения в формулу (6.4), получаем

$$n = \frac{0{,}9 \cdot 1{,}5 \cdot 63600}{2000} = 42{,}93 \text{ шт}.$$

Принимаем 43 прожектора.

Источником электроснабжения в проекте являются районные сети высокого напряжения. В подготовительный период строительства сооружают ответвление от существующей высоковольтной сети на площадку и трансформаторную подстанцию.

6.12.4 Водоснабжение строительной площадки.

Суммарный расчетный расход воды $Q_{общ}$, л/с, определяется по формуле

$$Q_{общ} = Q_{пр} + Q_{расч} + Q_{пож}, \quad (6.6)$$

где $Q_{пр}$ – расход воды на производственные цели, л/с;

$Q_{расч}$ – расход воды на хозяйственно-бытовые цели, л/с;

$Q_{пож}$ – расход воды на противопожарные цели, л/с.

Расход воды на производственные цели $Q_{пр}$, л/с, определяется по формуле

$$Q_{пр} = K_{н} \frac{q_{п} \cdot П_{п} \cdot K_{ч}}{3600 \cdot t}, \quad (6.7)$$

где $q_{п}$ – расход воды на производственного потребителя;

$П_{п}$ – число производственных потребителей в наиболее загруженную смену;

$K_{ч}$ – коэффициент часовой неравномерности водопотребления;

t – число часов в смене;

$K_{н}$ – коэффициент на неучтенный расход воды.

Принимаем: $q_{п} = 500$ л; $П_{п} = 13$; $K_{ч} = 1{,}5$; $t = 8$ ч; $K_{н} = 1{,}2$.

Подставляем значения в формулу (6.7), получаем

$$Q_{пр} = 1{,}2 \cdot \frac{500 \cdot 13 \cdot 1{,}5}{3600 \cdot 8} = 0{,}4 \ \frac{л}{с}.$$

Потребность в воде на хозяйственно-бытовые цели $Q_{расч}$, л/с, вычисляется по формуле

$$Q_{расч} = Q_{хоз} + Q_{душ}, \quad (6.8)$$

где $Q_{хоз}$ – расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, л/с;

$Q_{душ}$ – расход воды на душевые, л/с.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды $Q_{хоз}$, л/с, вычисляется по формуле

$$Q_{хоз} = \frac{q \cdot N \cdot k}{t_1 \cdot 3600}, \quad (6.9)$$

где q – удельный расход воды на хозяйственно-питьевые потребности одного работающего;

N – численность работающих в наиболее загруженную смену;

k – коэффициент часовой неравномерного водопотребления;

t_1 – число часов в смене.

Принимаем: $q = 15$ л; $N = 57$; $k = 2$; $t = 8$ ч; $t_1 = 8$ ч.

Подставляем значения в формулу (6.9), получаем

$$Q_{хоз} = \frac{15 \cdot 57 \cdot 2}{8 \cdot 3600} = 0{,}059\ \frac{л}{с}.$$

Расход воды на душевые $Q_{душ}$, л/с, определяется по формуле

$$Q_{душ} = \frac{q \cdot N_д}{t_2 \cdot 60}, \qquad (6.10)$$

где q – норма расхода воды на прием душа одним рабочим;
$N_д$ – численность рабочих, пользующихся душем (до 80 % N);
t_2 – продолжительность использования душевой установки.
Принимаем: $q = 30$ л; $N_д = 46$; $t_2 = 45$ мин.
Подставляем значения в формулу (6.10), получаем

$$Q_{душ} = \frac{30 \cdot 46}{45 \cdot 60} = 0{,}5\ \frac{л}{с}.$$

Принимаем: $Q_{хоз} = 0{,}059$ л/с; $Q_{душ} = 0{,}5$ л/с.
Подставляем значения в формулу (6.8), получаем

$$Q_{расч} = Q_{хоз} + Q_{душ} = 0{,}059 + 0{,}5 = 0{,}559\ \frac{л}{с}.$$

Потребность в воде на противопожарные цели $Q_{пож}$, л/с, определяется из расчета одновременного действия двух гидрантов с расходом воды на каждый по 5 л/с: $Q_{пож} = 5 \cdot 2 = 10$ л/с.

Поскольку,

$$Q_{пож} = 10\frac{л}{с} > Q_{пр} + Q_{расч} = 0{,}959\ \frac{л}{с}, \text{то } Q_{общ} = Q_{пож} = 10\frac{л}{с}.$$

Требуемый диаметр временного водопровода Д, мм, определяется по формуле

$$Д = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{общ} \cdot 1000}{3{,}14 \cdot V}}, \qquad (6.11)$$

где Д – внутренний диаметр водопровода, мм;
$Q_{общ}$ – общий расход воды, л/с;
V – скорость движения воды по трубам, м/с.
Принимаем: $Q_{общ} = 10$ л/с; $V = 1{,}2$ м/с.

Подставляем значения в формулу (6.11), получаем

$$Д = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 1{,}2}} = 103 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра водопровода округляем до ближайшего большого сечения. По ГОСТ 3262-75 принимаем стальную водогазопроводную трубу с наружным диаметром 140 мм.

6.12.5 Обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов, конструкций, оборудования, укрупненных модулей и стендов для их сборки. Решения по перемещению тяжеловесного негабаритного оборудования, укрупненных модулей и строительных конструкций.

Для определения размеров складов необходимо определить потребность в строительных материалах, конструкциях, изделиях.

Ведомость потребности в строительных материалах, конструкциях, изделиях приведена.

Необходимый запас материалов на складе $P_{скл}$, м^2, определяется по формуле

$$P_{скл} = \frac{P_{общ}}{T} \cdot T_н \cdot K_1 \cdot K_2, \qquad (6.12)$$

где $P_{общ}$ – количество материалов, деталей и конструкций, необходимых для выполнения работ в расчетный период, принимаемое по ведомости потребности в основных материалах, конструкциях, изделиях;

T – продолжительность расчетного периода по календарному плану, дн.;

$T_н = 7$ дн – норма запаса материала для кирпича, сборного бетона и железобетона при доставке автотранспортом на расстояние до 50 км;

K_1 – коэффициент учета неравномерности поставки материала на склад, зависящий от вида транспорта (для автомобильного транспорта равен 1,1);

$K_2 = 1{,}3$ – коэффициент учета неравномерности потребления материала.

Полезная площадь склада (без проходов), занимаемая материалом F, м^2, определяется по формуле

$$F = P/V, \qquad (6.13)$$

где P – общее количество хранимого на складе материала;

V – количество материала, укладываемого на 1 м^2 площади склада.

Общая площадь склада (включая проходы) S, м^2, определяется по формуле

$$S = F/\beta, \quad (6.14)$$

где β – коэффициент использования склада, характеризующий отношение полезной площади к общей (для закрытых складов 0,6–0,7; при штабельном хранении 0,4–0,6; для навесов 0,5–0,6; для открытых складов лесоматериалов 0,4–0,5; для металла 0,5–0,6; для нерудных строительных материалов 0,6–0,7).

Расчет площадей складов сведен в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Расчёт площадей складов

Наименование материалов	**Ед. изм**	**Кол-во на 1 м2 площади складов**	**Продолжительность по календарному плану, мес**	**Общее кол-во материала**	**Необходимый запас материала**	**Общая площадь склада, м2**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**
КДК – отправочные элементы (закрытый)	$м^3$	1,2	335	1106,08	70,82	99,00
Витражи (навес)	т	2,5	49	5480,00	1599,27	1280,00
Сэндвич-панели (навес)	$м^2$	0,6	49	450,00	131,33	438,00
Деревянные плиты покрытия (закрытый)	$м^2$	1,5	331	17190,00	1113,97	1238,00
Кирпич при хранении на поддонах (открытый)	тыс. шт.	0,75	83	392,62	47,35	158,00
Газобетонные блоки (открытый)	$м^3$	1,6	41	1755,00	428,48	670,00
Рулонные материалы (навес)	$м^2$	20	328	17190,00	599,55	60,00
Фальцевые листы (навес)	$м^2$	200	328	17190,00	899,33	9,00
Металло-конструкции	т	1	342	1762,21	58,95	118,00
+40% на прочие материалы						1628,00
ИТОГО						**5698,00**

Для хранения отделочных материалов будут задействованы первый и второй этаж здания. Кроме того, после возведения каркаса здания возможно использование площади складов для хранения необходимых для дальнейшего строительства материалов.

6.13 Предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ, а также поставляемых на площадку и монтируемых оборудования, конструкций и материалов

Обеспечение качества строительно-монтажных работ достигается систематическим контролем выполнения каждого производственного процесса.

Производственный контроль качества строительства включает:

− входной контроль проектно-сметной документации, конструкций, изделий, материалов;

− операционный контроль отдельных строительных процессов или производственных операций;

− приёмочный контроль строительно-монтажных работ;

− инспекционный контроль - выборочная проверка качества объектов и их частей. По результатам производственного контроля качества СМР должны разрабатываться мероприятия по устранению выявленных дефектов. При контроле и приёмке работ проверяются:

− соответствие применяемых материалов, изделий и конструкций требованием проекта, ГОСТ, СП, ТУ;

− соответствие состава и объёма выполненных работ проекту;

− степень соответствия контролируемых физико-механических, геометрических и других показателей требованием проекта;

− своевременность и правильность оформления документации;

− устранение недостатков, отмеченных в журналах работ в ходе контроля и надзора за выполнением СМР.

Пригодность новой продукции для применения в проектировании и строительстве подтверждается техническим свидетельством, которое выдается с учетом обязательных требований строительных, санитарных, пожарных, промышленных, экологических, а также других норм безопасности, утвержденных в соответствии с законодательством.

Подрядные организации проводят внутренний (оперативный) контроль, который необходимо проводить в процессе всего производства строительно-монтажных работ.

Кроме этого, в процессе строительства должен осуществляться внешний контроль (заказчиком) - технический надзор, а также авторский надзор, осуществляемый проектной организацией в соответствии с СП 11-110-99 «Авторский надзор за строительством зданий и сооружений», одобренным постановлением Правительства РФ № 44 от 10.06.99 года. Все замечания фиксируются в журнале авторского надзора. В специальном разделе журнала устанавливаются мероприятия по устранению обнаруженных дефектов с указанием сроков их устранения.

Геодезический инструментальный контроль осуществляется в соответствии СП 126.13330.2017 «Геодезические работы в строительстве».

Операционный контроль осуществляется преимущественно измерительным методом или техническим осмотром по ГОСТ 16504-81. При этом подрядчик проверяет:

− соответствие последовательности и состава выполняемых технологических операций проектной, технологической и нормативной документации;

− соблюдение технологических режимов, установленных технологическими картами и регламентами;

− соответствие качества выполнения операций и их результатов требованиям проектной и технологической документации, а также распространяющейся на данные технологические операции нормативной документации.

Места выполнения контрольных операций, их частота, исполнители, методы и средства измерения, формы записи результатов, порядок принятия решений при выявлении несоответствий требованиям должны соответствовать проектной, технологической и нормативной документации.

Лицо, осуществляющее строительно-монтажные работы, выполняет:

− приемку вынесенной в натуру геодезической разбивочной основы для строительства, произведенной заказчиком;

− входной контроль применяемых материалов, конструкций, изделий;

− операционный контроль в процессе выполнения и по завершению операций;

− оценку соответствия выполненных работ, результаты которых становятся недоступными для контроля после начала выполнения последующих работ (контроль «скрытых» работ).

6.14 Перечень требований, которые должны быть учтены в рабочей документации, разрабатываемой на основании проектной документации, в связи с принятыми методами возведения строительных конструкций и монтажа оборудования

Перед началом производства строительно-монтажных работ необходимо разработать ППР на следующие виды работ:

− производство земляных работ по разработке котлована, а также обратной засыпке;

− производство бетонных работ;

− устройство фундаментов;

− монтаж надземной части сооружений.

Качество рабочей документации должно учитывать требования ГОСТ 21.501-2018. В рабочей документации должны быть указаны:

− параметры, соответствующие требованиям потребителя и нормативной документации, а также допуски на них, контролируемые в процессе строительства;

− уровень собираемости конструкций и способы его достижения (в случае неполной собираемости конструкции должно быть экономическое обоснование принятого уровня собираемости);

− критерии и правила приемки;

− марки, виды, типы изделий, элементов, оборудования, материалов и требования к их качеству;

− графические решения по содержанию исходного геодезического обоснования – схемы расположения знаков исходной геодезической основы на монтажных горизонтах для изготовления, при необходимости, специальных

отверстий в плитах перекрытий, а также схемы расположения осей детальной разбивки на монтажных горизонтах;

− виды скрытых работ, подлежащие освидетельствованию, а также перечень конструкций, подлежащих промежуточной приемке;

− критерии приемки объектов.

Уровень собираемости конструкций принимается при расчете допусков на размеры изделий, на размеры между разбивочными осями, на установку конструкций при монтаже в проектное положение, что позволяет собрать конструкцию без подгонки, подрубки и дополнительного регулирования.

Допуски на точность приведены в ГОСТ 21779-82 и выбираются при проектировании на основании расчета точности.

6.15 Обоснование потребности в жилье и социально-бытовом обслуживании персонала, участвующего в строительстве

Расчёт потребности в административно-хозяйственных и санитарно-бытовых помещениях приведён в пункте 6.12.2.

Вахтовый метод на площадке строительства проектируемых объектов не предусматривается, строительство зданий будет осуществляться местными специализированными строительно-монтажными организациями, поэтому данный проект не предусматривает проживания персонала в пределах временного бытового городка. Доставляться на объект рабочие будут специализированным транспортом из ближайших населённых пунктов.

Для работающих устраивается временный бытовой городок строителей, в составе санитарно-бытовых помещений, зданий ИТР, расположенный на строительной площадке.

6.16 Перечень мероприятий и проектных решений по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда

Для обеспечения техники безопасности и соблюдения промышленной санитарии при производстве строительно-монтажных работ весь персонал, связанный с работами, должен пройти дополнительный инструктаж по безопасным методам ведения работ и выполнять требования следующих нормативных документов:

- СП 49.13330.2010 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования»;
- СП 12-136-2002 «Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ»;
- Приказ от 11 декабря 2020 года № 883н «Об утверждении Правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте»;

- РД 10-34-93 «Типовая инструкция для лиц, ответственных за безопасное производство работ кранами»;

- Государственных стандартов, содержащих требования по безопасности труда в строительстве, а также других правил и инструкций, утвержденных в установленном порядке органами государственного надзора Российской Федерации.

Состав и содержание решений по безопасности труда определены в соответствии с приложением «К» СНиП 12.03-2001. Основными опасными производственными факторами при производстве работ являются:

− работа строительных машин и механизмов, их совместная работа;

− работа с электроинструментом;

− работы по транспортированию и складированию строительных грузов;

− опасность возникновения пожара;

− вредные санитарно-гигиенические факторы (недостаточная освещенность, химически активные или ядовитые вещества). До начала выполнения монтажных работ необходимо подготовить следующую документацию и приказы:

− приказ о назначении ответственных лиц за производство работ по безопасному перемещению грузов кранами;

− приказ о назначении ответственного за исправное состояние тары и съемных грузозахватных приспособлений;

− паспорта на грузозахватные приспособления; − протокол на замер сопротивления растекания электрического тока;

− акт напряжения при полной загрузке электропотребителей на объекте.

В составе ППР генеральный подрядчик с участием заказчика и субподрядных организаций разрабатывает и утверждает мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, выполнение которых обязательно для всех участников строительства, и осуществляет контроль за состоянием условий труда на объекте. При этом должны быть решены основные вопросы по охране труда и технике безопасности:

− до начала строительства (в подготовительный период) должны быть сооружены временные дороги, обеспечивающие свободный доступ транспортных средств ко всем строящимся объектам;

− на территории строительства должны быть установлены указатели проездов и проходов. Проходы, проезды, погрузочно-разгрузочные площадки необходимо очищать от мусора, строительных отходов и не загромождать;

− ограждение или обозначение знаками безопасности и предупредительными надписями опасных зон на территории строительной площадки. Запрещается присутствие людей и передвижение транспортных средств в зонах возможного обрушения и падения грузов;

− электробезопасность производства работ. Работы вблизи действующих ВЛ выполняются при наличии наряда-допуска, в который должны быть включены также машинисты и стропальщики;

− при погрузочно-разгрузочных работах. В местах производства работ и в зоне работы грузоподъемных машин запрещается нахождение лиц, не имеющих непосредственного отношения к этим работам;

− при выполнении земляных работ. Погрузка грунта в транспортные средства производится со стороны его заднего и бокового борта. При одновременной работе двух или более машин, выполняющих различные виды земляных работ, в случае их движения друг за другом необходимо соблюдать дистанцию (не менее 5 м), при обнаружении на месте производства работ наличие ВВ и коммуникаций, не обозначенных в документах, работу следует прекратить до получения официального разрешения соответствующих организаций;

− перед началом производства строительно-монтажных работ работодателю необходимо ознакомить работников с проектом производства работ и провести инструктаж о принятых методах работ. Необходимо строгое соблюдение технологической последовательности монтажа конструкций. Применение исправных грузозахватных приспособлений и технологической оснастки. Обеспечение устойчивости и работоспособности грузоподъемных кранов должны производиться в соответствии с ППР. Лицо, ответственное за безопасное производство работ краном, крановщики и стропальщики должны быть ознакомлены с ППР под роспись до начала производства работ;

− при работе автотранспорта. К работе строительные машины и механизмы допускаются в технически исправном состоянии и эксплуатируются в строгом соответствии с техническими инструкциями. Движущиеся части машин и механизмов в местах возможного доступа людей ограждаются. Запрещается оставлять без надзора работающие машины и механизмы;

− пребывание людей в зоне перемещения конструкций и материалов краном не допускается. Во время перемещения конструкций необходимо удерживать их от раскачивания и вращения оттяжками. Оставлять поднятые конструкции на весу запрещается. Расстроповку конструкций можно производить после установки и надежного закрепления;

− вывесить в местах производства работ графическое изображение способов строповки грузов, в кабине крановщиков вывесить перечень перемещаемых элементов с указанием их массы; проинструктировать такелажников и машинистов автокранов о последовательности подачи элементов и порядке подачи сигналов;

− при выполнении сварочных работ необходимо соблюдать требования: обеспечить сварщиков диэлектрическими ковриками; сварочное оборудование установить под навесом. Пользоваться прокаленными и просушенными электродами, хранить которые в закрытых ящиках. Электросварочные работы запрещается проводить во время грозы и дождя;

− автомобильные дороги стройплощадки должны соответствовать СП 37.13330.2012, СП 18.13330.2019 и оборудованы соответствующими дорожными знаками, регламентирующими порядок движения транспортных

средств, в соответствии с Правилами дорожного движения Российской федерации;

− в зоне ведения работ должны быть установлены предупреждающие и запрещающие знаки. На границах опасных зон выставить сигнальщиков, а также установить знаки и надписи, хорошо видимые в дневное и ночное время, предупреждающие об опасности или запрещающие движение;

− на площадке должны быть созданы рациональные режимы труда и отдыха строителей с организацией регламентированных перерывов (СП 2.2.2.1327-03 п.10.22, СанПиН 2.2.3.1384-03 п.п. 8.5, 8.7, 10.4);

− бытовые помещения для обслуживания работающих должны быть оборудованы с соблюдением требований пожарной безопасности, обеспечены автоматической пожарной сигнализацией. По бытовым и производственным помещениям назначить ответственных за пожарную безопасность (табл.1, п.7.2 НПБ 110-03);

− лица, работающие и находящиеся на строительной площадке, должны носить защитные каски, установленных образцов, должны быть обеспечены спецодеждой, спец. обувью и предохранительными приспособлениями (СанПин 2.2.3.1384-03 п.п. 11.1, 11.2).

В целях безопасности производства работ необходимо стройплощадку обозначить как опасную зону и закрыть на нее доступ посторонним лицам, а также работников в нетрезвом состоянии запрещается. У въезда на стройплощадку установить схему внутрипостроечных дорог и проездов с указанием мест складирования материалов, мест разворота транспортных средств и пр.

В санитарно-бытовых помещениях, представленных подрядчиком, должна быть аптечка с медикаментами, носилки, фиксирующие шины и другие средства оказания пострадавшим первой медицинской помощи.

Другие требования безопасности изложены в соответствующих главах СНиП 12-03-2001, СНиП 12-04-2002.

К началу основных строительных работ на строительной площадке должно быть обеспечено противопожарное водоснабжение.

Обеспечение пожарной безопасности на строительной площадке осуществляется в соответствии с требованиями Правилами противопожарного режима (Постановление правительства России от 25 апреля 2012 г. №390), СНиП 12-03-2001 и сводятся к следующим основным положениям:

− в процессе строительства необходимо выполнять требования органов государственного пожарного надзора;

− для размещения первичных средств пожаротушения (ящики с песком, огнетушители, бочки с водой, ломы, лопаты, багры, ведра и т.п.) на стройплощадке должны быть установлены пожарные щиты ЩП, которые комплектуются в соответствии Правилами противопожарного режима (Постановление правительства России от 25 апреля 2012 г. №390);

− разместить порошковые огнетушители с массой огнетушащего вещества – 9 кг в бытовых помещениях для рабочих из расчета 1 шт. на 200 м^2;

− проведение огневых работ в соответствии с Правилами противопожарного режима (Постановление правительства России от 25 апреля 2012 г. №390);

− строительную площадку обеспечить связью - мобильный телефон;

− у въездов на строительную площадку вывесить планы пожарной защиты (ППЗ) по ГОСТ 12.1.114-82 с нанесенными строящимися и вспомогательными зданиями и сооружениями, въездами и подъездами, с указанием местонахождения водоисточников, средств пожаротушения и связи. Во всех пожароопасных помещениях должны быть вывешены инструкции, телефон пожарной охраны, предупредительные надписи и плакаты о мерах пожарной безопасности, учитывающие особенности этих помещений, средств мер тушения и эвакуации людей;

− курить на территории строительной площадки разрешается только в специально отведенных местах с надписью: «Место для курения»;

− предусмотреть пожарный проезд и дополнительные въезды на территорию площадки, обеспечивающий пожаротушение существующих зданий, примыкающих к стройплощадке;

− обеспечить свободный подъезд пожарных машин к объектам строительства; − сгораемые строительные материалы, баллоны с газом привозить на строительную площадку из расчета потребности на смену, регулярно вывозить строительный мусор. Не допускается сжигание на строительной площадке строительных отходов;

− все электроустановки монтировать и эксплуатировать в соответствии с требованиями ПУЭ, ПТЭ, ПТБ и др. нормативными документами;

− для отопления временных зданий использовать электронагреватели только заводского изготовления;

− бытовые помещения оборудовать с соблюдением требований пожарной безопасности, обеспечить автоматической пожарной сигнализацией. По бытовым и производственным помещениям назначить ответственных за пожарную безопасность. Во всех пожароопасных помещениях должны быть вывешены инструкции, предупредительные надписи и плакаты о мерах пожарной безопасности, учитывающие особенности этих помещений, средств мер тушения и эвакуации людей;

− древесину, применяемую при изготовлении опалубки и подмостей, пропитать огнезащитным составом. Используемый огнезащитный состав должен иметь сертификат качества. В целях соблюдения противопожарной безопасности должностные лица (мастер, прораб) обязаны:

− произвести инструктаж всех участвующих в строительстве лиц с регистрацией в специальном журнале;

− знать и точно выполнять противопожарные мероприятия, предусмотренные проектом, правила пожарной безопасности, осуществлять контроль за соблюдением их всеми работающими на строительстве;

− обеспечить наличие, исправное содержание и готовность к применению средств пожаротушения;

− обеспечить отключение после окончания рабочей смены всей системы электроснабжения строительной площадки, кроме дежурного освещения, освещения мест проходов, проездов территории строительной площадки;

− регулярно не реже одного раза в смену проверить противопожарное состояние;

− обязательно знать пожарную опасность применяемых в строительстве материалов и конструкций;

− установить перечень профессий, работники которых должны проходить обучение по программе пожарно-технического минимума;

− установить приказом или распоряжением должностных лиц, отвечающих за противопожарное производство строительно-монтажных работ. Контроль выполнения требований по безопасности труда осуществляется инженерно-техническими работниками и службами техники безопасности строительных организаций.

Противопожарные мероприятия.

У въездов на строительную площадку должны устанавливаться информационные щиты с планами пожарной защиты в соответствии с ГОСТ 12.1.114–82 с нанесенными строящимися и вспомогательными зданиями и сооружениями, въездами, подъездами, местонахождением водных источников, средств пожаротушения и связи.

К началу основных строительных работ на объекте должно быть обеспечено противопожарное водоснабжение от пожарного гидранта на водопроводной сети. Для соблюдения пожарной безопасности необходимо обустроить места для курения, разместить ящики с песком, установить щиты с противопожарным инвентарем (огнетушители, багры, ломы, ведра, топор и лопата) и правилами действия при пожаре. Временные бытовые помещения и склады должны быть оснащены огнетушителями.

Назначаются должностные лица из числа инженерно-технических работников, ответственные за пожарную безопасность строительного объекта. Ответственность за пожарную безопасность отдельных участков строительства, обеспечение первичными средствами пожаротушения, их исправное содержание, а также за своевременное выполнение противопожарных мероприятий и соблюдение противопожарных требований действующих норм несут начальники строительных участков, производители работ и другие должностные лица.

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров.

При проведении инструктажа необходимо ознакомить рабочих с правилами пожарной безопасности, требованиями противопожарного режима, установленными для строительства, а также с пожарной опасностью применяемых материалов, обратив особое внимание на причины пожаров (неосторожное обращение с огнем, нарушение правил при

электрогазосварочных работах, несоблюдение правил при эксплуатации элетрооборудования, неисправность электросетей и т.п.); обучить правилам и приемам применения первичных средств пожаротушения, немедленному вызову пожарной охраны или сбору добровольной пожарной дружины при возникновении пожара.

6.17 Описание проектных решений и мероприятий по охране окружающей среды в период строительства

ПОС разработан с учетом требований ФЗ РФ «Об охране окружающей природной среды». Мероприятия по санитарно-гигиеническому обслуживанию работников (туалеты, места для размещения аптечек с медикаментами и других средств для оказания первой помощи для пострадавших), обеспечению бытовыми помещениями (гардеробы, сушилки для одежды и обуви, помещения для приёма пищи, отдыха, обогрева), питьевой водой, разрабатываются строительной организацией, в соответствии с «Гигиеническими требованиями к организации строительного производства и строительных работ» Министерства здравоохранения Российской Федерации СП 2.2.3.1384-03.

Обеспечить строительную площадку рабочим, аварийным, эвакуационным и охранным электрическим освещением.

Удаление бытовых и строительных отходов выполнять в соответствии с требованиями СП 42.13330.2016. Сбор строительного мусора на строительной площадке предусмотреть в закрывающиеся металлические контейнеры емкостью 2 м^3. По мере накопления мусор вывозят на полигон ТБО.

Складирование строительного мусора на строительной площадке не предусматривается. Запрещается захоронение отходов строительства на строительной площадке.

До начала строительства произвести заключение договора на вывоз строительного мусора и бытовых отходов с местным муниципальным образованием по вывозу строительного мусора специализированным транспортом на соответствующие полигоны для утилизации.

Складирование материалов и изделий должно осуществляться на специальной отведённой площадке, движение машин и механизмов в местах, предусмотренных проектом.

При производстве строительно-монтажных работ не допустимы:

− работа двигателей машин и механизмов со сверхнормативным выбросом выхлопных газов (ГОСТ 12.1005-88);

− образование задымленности рабочей зоны выхлопными газами и запыленности отработанным воздухом пневмосистемы;

− подача без необходимости звуковых сигналов;

− работа с неисправным глушителем и несмазанными трущимися поверхностями сборочных единиц;

− выбрасывание на почву бракованных и обтирочных материалов (ГОСТ 17.4.304-85); − попадание горюче-смазочных материалов и рабочей жидкости на почву при заправке и смазывании машин;

− сжигание отходов на территории стройплощадки;

− применение открытого огня при тех. обслуживании и пуске строительных машин;

− наезд на деревья и складирование конструкций на насаждения.

Среднее количество питьевой воды потребное для одного работающего 1-1,5 литра зимой и 3-3,5 литра летом.

Чистка и стирка спецодежды рабочих на территории строительной площадки не предусматривается. Необходимо организовать стирку используемых комплектов спецодежды не реже двух раз в месяц в централизованных прачечных.

Заправку строительных машин и механизмов ГСМ следует производить на стационарных АЗС. На стройплощадке производить только мелкий ремонт инвентаря. На машинах должен находиться исправный огнетушитель, а в местах стоянки машин должны стоять ящики с песком. Не допускается стоянка машин и механизмов с работающими двигателями.

Не допускается выпуск поверхностных вод со строительных площадок без организованного ее отвода.

Для защиты подземных вод от загрязнений (по предупреждению фильтрации загрязненных вод с поверхности почвы - в водоносные горизонты) в период строительства предусмотреть следующие мероприятия:

− не производить сброс сточных вод в поглощающие горизонты, имеющие гидрологическую связь с горизонтами, используемыми для водоснабжения;

− обязательный осмотр и проверка целостности всей топливной системы строительной техники перед началом работ на строительной площадке. Проверка герметичности топливного бака. Исключение подтеков топлива;

− прием сыпучих материалов в ненарушенной герметичной упаковке и осторожная разгрузка при приеме и складировании;

− складирование отходов производства на площадках с водонепроницаемым покрытием.

Используемые типы строительных материалов (песок, гравий, цемент, бетон, лакокрасочные материалы и др.) и строительных конструкций, должны иметь санитарно-эпидемиологическое заключение.

Работающие на открытой территории в холодный период года обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода с учетом климатического пояса, при этом комплект СИЗ должен иметь положительное санитарно-эпидемиологическое заключение с указанием величины его теплоизоляции.

При производстве строительно-монтажных работ необходимо контролировать уровни вибрационных и шумовых нагрузок, теплового воздействия, воздействия электрического тока, пыли, газов и др. в соответствии

с действующими стандартами, санитарными нормами на работающих и окружающих.

Для уменьшения количества пыли временные дороги в сухой период периодически поливать водой.

Работодатель в соответствии с действующим законодательством должен:

1) Обеспечить организацию производственного контроля за соблюдением условий труда и трудового процесса по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости труда, в соответствии СП 2.2.3.1384-03;

2) Обеспечить соблюдение требование санитарных правил в процессе организации и производства строительных работ;

3) Разработать и внедрить профилактические мероприятия по предупреждению воздействия вредных факторов производственной среды и трудового процесса на здоровье работников с обеспечением инструментальных исследований и лабораторного контроля.

Показатели микроклимата согласно СанПиН 2.2.4.548-96 должны обеспечивать сохранность теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Для уменьшения неблагоприятных последствий воздействия строительного производства на окружающую среду при строительстве настоящим рабочим проектом предусмотрено:

− организация водоотведения на территории строительной площадки;

− минимальное производство строительно-монтажных работ непосредственно на строительной площадке;

− уборка строительной площадки и прилегающей к ней пятиметровой зоны;

− осуществление благоустройства и озеленения территории по окончании строительства;

− организация в период строительства мест сбора строительного, производственного и бытового мусора и своевременная его вывозка в места утилизации;

− соблюдение санитарных норм при организации и расположении мест ремонта и стоянки строительных машин и механизмов;

− регулярная проверка исправности строительных машин и механизмов перед началом работы и эксплуатация их в строгом соответствии с техническими инструкциями.

Согласно СП 48.13330.2019 безопасность работ для окружающей среды обеспечивает исполнитель работ (подрядчик).

6.18 Обоснование принятой продолжительности строительства объекта капитального строительства и его отдельных этапов

Продолжительность строительства зависит от:

− назначения здания;

− его мощности;
− объемно-планировочных решений;
− конструктивных особенностей;
− района строительства;
− других факторов.

Нормативная продолжительность строительства определяем по СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» [49] и принимаем по разделу В «Транспортное строительство», «Воздушный транспорт», п. 16 «Аэровокзалы».

При пассажиропотоке 800 пасс/час общая норма продолжительности строительства равна 27 месяцев.

Региональный коэффициент для г. Иркутск равен 1,2 согласно СНиП 1.04.03.85 раздел «Общие положения» [49] п. 11.

Согласно п. 15 продолжительность строительства объектов, возводимых в районах сейсмичностью 7 баллов и выше, устанавливается с применением коэффициента 1,1 для объектов жилищно-гражданского назначения.

Однако, поскольку, когда на территорию распространяется несколько повышающих коэффициентов, предусмотренных пп.11-14 и общими указаниями к разделам норм, в расчет приниматься может только один из них. Поэтому учитываем только региональный коэффициент.

Поэтому итоговая расчетная продолжительность строительства равна $T_р = 27 \cdot 1{,}2 = 32{,}4$ мес. Поскольку расчетная продолжительность строительства вычисляется на все здание, а в рамках данной работы я разрабатывала строительный генеральный план только на первую очередь, включающую сектор А, то в качестве нормативной продолжительности примем только 80 %, что будет составлять 25 месяцев.

Фактическая продолжительность строительства составила 24 месяца (см. календарный график), сокращение сроков – 1 месяц. Сокращение обусловлено тем, что в рамках данной работы календарный план был составлен только на первую очередь – сектор А, а значение нормативной продолжительности принято условно.

6.19 Перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости от строящегося объекта, земляные, строительные, монтажные и иные работы на котором могут повлиять на техническое состояние и надежность таких зданий и сооружений

Перечень мероприятий по организации мониторинга включает:

– проведение наблюдений за состоянием, своевременным выявлением и развитием имеющихся отклонений в поведении вновь строящихся сооружений, их оснований и окружающего массива грунта от проектных данных, разработка мероприятий по предупреждению и устранению возможных негативных последствий, обеспечение сохранности существующей застройки, находящейся

в зоне влияния нового строительства, а также сохранение окружающей природной среды;

– разработка прогноза состояния строящегося объекта, воздействия его на окружающие здания и сооружения, на атмосферную, геологическую, гидрогеологическую и гидрологическую среду в период строительства и последующие годы эксплуатации для оценки изменений их состояния, своевременного выявления дефектов, предупреждения и устранения негативных процессов, а также оценки правильности принятых методов расчета, проектных решений и результатов прогноза.

Состав и объёмы работ по обследованию в каждом конкретном случае определяются программой работ на основе технического задания Заказчика с учетом требований действующих нормативных документов и ознакомления с проектно-технической документацией строящегося сооружения, а также зданий, находящихся в зоне влияния нового строительства.

Техническое задание должно содержать следующие данные: обоснование для выполнения работ, цели и задачи работы, состав и объем работ, краткое содержание отчетных материалов.

Мониторинг сооружений выполняют специализированные организации, имеющие в своем составе высококвалифицированных специалистов, современные технические средства диагностического контроля и вычислительной техники.

По результатам анализа имеющегося материала и визуального обследования, в зависимости от типа здания и его состояния, сложности инженерно-геологических условий, назначают состав, объем и методы обследования грунтов и фундаментов. В случае обнаружения при визуальном осмотре деформаций или повреждений конструкций следует незамедлительно составить соответствующий акт, уведомить Заказчика и проектную организацию.

7 Экономика строительства

7.1 Социально-экономическое обоснование

Аэропорты – это важнейшие транспортные узлы, связывающие различные города и страны, они играют ключевую роль в развитии туризма и экономики региона. Строительство новых аэропортов – это важный шаг в развитии транспортной инфраструктуры и повышении уровня комфорта для пассажиров.

Анализ рынка авиаперевозок в России на 2019-2022 годы показывает, что сектор авиаперевозок нестабилен, поскольку очень чувствителен к социальным, политическим и макроэкономическим факторам. По данным Федеральной службы государственной статистики и данным Министерства транспорта Российской Федерации, в 2020 году количество пассажиров, перевезенных воздушным транспортом, сократилось на 46,6 % по сравнению с 2019 годом из-за пандемии COVID-19. В 2021 году уровень авиаперевозок почти достиг прежнего, однако в 2022 году опять сократился на 14 %. Однако, согласно прогнозам экспертов, к 2023-2024 году количество пассажиров воздушного транспорта в России вернется к уровню 2019 года.

Сектор авиаперевозок в России характеризуется высокой конкуренцией между авиакомпаниями, что приводит к постоянному снижению цен на билеты. В то же время, существует дефицит аэропортов, особенно в крупных городах, что приводит к перегрузке существующих аэропортов и увеличению задержек и отмен рейсов.

Город Иркутск является крупным транспортным узлом на Восточной Сибири и имеет большой потенциал для развития авиасообщения. В настоящее время в городе действуют два аэропорта: Иркутск и Иркутск-2. Аэропорт Иркутск является крупнейшим в регионе и обслуживает более 2 миллионов пассажиров в год. Однако, в связи с ростом числа пассажиров, аэропорт стал сталкиваться с проблемой перегрузки и недостатка мест на стоянках.

В связи с этим, в Иркутске планируется строительство нового аэропорта, который будет расположен на южной окраине города. Новый аэропорт позволит увеличить количество рейсов и обеспечить более комфортные условия для пассажиров.

Также в Иркутске активно развивается международное авиасообщение. В 2021 году был открыт новый рейс Иркутск-Харбин (Китай), а также продолжаются переговоры о возможности открытия рейсов в Южную Корею и Японию.

Таким образом, сектор авиаперевозок в Иркутске и в России в целом продолжает расти, несмотря на некоторые проблемы, связанные с перегрузкой аэропортов и конкуренцией между авиакомпаниями. Развитие новых аэропортов и международных рейсов позволит увеличить количество пассажиров и улучшить качество авиасообщения в регионе.

Участок, выбранный для строительства проектируемого здания пассажирского терминала, располагается около поселка Ключевая на

Московском тракте. На участке строительства отсутствуют объекты строительства, следовательно, не требуются мероприятий по сносу существующих объектов, что снижает затраты на подготовку территории для застройки. Участок строительства показан на рисунке 7.1.

Помимо нового участка, можно было также рассмотреть вариант демонтажа старого аэропорта и строительство нового на его месте, однако есть ряд факторов:

- строительство нового аэропорта на месте старых может быть затруднительным, так как потребуется большое количество времени и ресурсов на демонтаж старых зданий и инфраструктуры.
- демонтаж старого аэропорта может привести к значительным нарушениям в работе существующих аэропортов, что может негативно сказаться на экономике региона;
- выбор нового места для аэропорта может быть основан на более современных технологиях и учитывать потребности растущего количества пассажиров и грузовых перевозок.
- действующий международный аэропорт «Иркутск» расположен в черте города и вызывает ряд нареканий, связанных с частыми туманами от реки Ангары, а также компактной застройкой вокруг территории аэродрома. Эти факторы значительно ограничивают возможности развития инфраструктуры аэропорта, которая в настоящий момент нуждается в существенной модернизации;

Рисунок 7.1 – Участок для строительства аэропорта

Фрагмент территориального планирования Ангарского округа, на территории которого планируется строительство, представлен на рисунке 7.2. Согласно карте градостроительного зонирования, данный участок включает коммунально-складские зоны (П2), зоны рекреационного назначения (Р1) и зоны специального назначения, связанные с захоронениями (Си2).

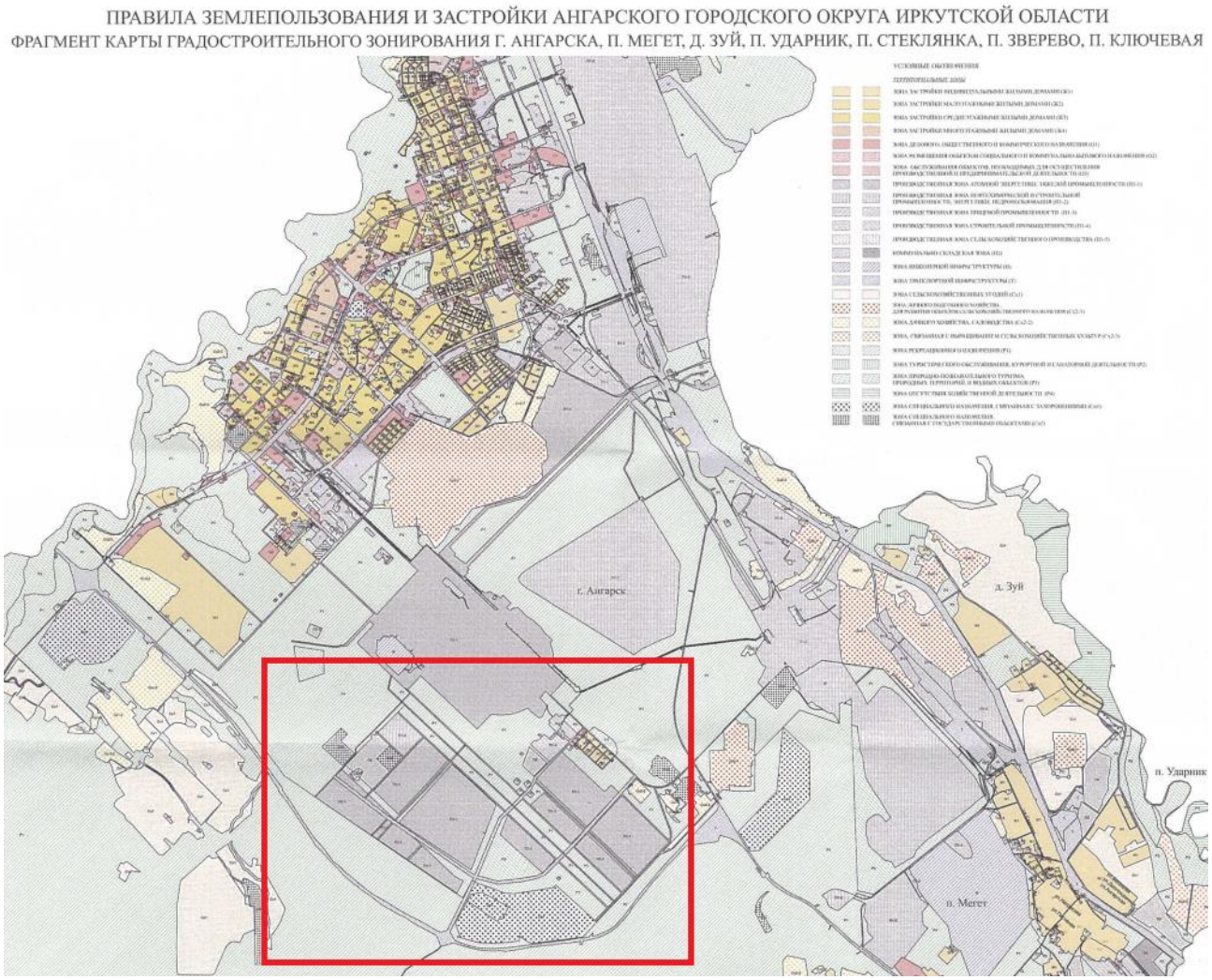


Рисунок 7.2 – Фрагмент карты градостроительного зонирования

В соответствии с Правилами землепользования и застройки Ангарского городского округа, на данной территории не предполагается возможность строительства объекта такого назначения. В связи с этим есть необходимость на стадии принятия проекта согласовать внесение изменений в правила землепользования и застройки Ангарского округа в соответствии со статьей 31 градостроительного кодекса Российской Федерации о порядке внесения изменений в правила землепользования и застройки [50].

7.2 Составление и анализ структуры локального сметного расчета на устройство деревянного купола

В настоящем разделе составлен локальный сметный расчет на устройство деревянного покрытия пассажирского терминала аэропорта. Локальный сметный расчет представлен в приложении Д.

Локальный сметный расчет составлен с применением базисно-индексного метода, суть которого заключается в том, что сметная стоимость определяется в базисных ценах на основе единичных расценок, а затем переводится в текущий уровень цен путем использования текущих индексов изменения сметной стоимости.

Для составления локального сметного расчета были использованы Федеральные Единичные расценки (ФЕР) на строительные и монтажные работы. Для составления сметы на устройство деревянного покрытия применяются Федеральные единичные расценки ФЕР-2020 [51].

Сметная стоимость пересчитана в текущие цены на II квартал 2023 года с использованием индекса изменения сметной стоимости. Письмо Минстроя России о рекомендуемой величине индексов [52] не содержит индексов для объектов социального назначения, таких как терминал аэропорта, поэтому примем индекс как для объекта спортивного назначения. Для Иркутской области (1 зона) и принятого назначения объекта следует использовать следующие индексы изменения сметной стоимости:

- оплата труда – 45,93;
- материалы, изделия и конструкции – 8,43;
- эксплуатация машин и механизмов – 13,41.

Исходные данные для определения сметной стоимости СМР:

- размеры накладных расходов приняты по основным видам строительства в процентах от фонда оплаты труда (108%) для деревянных конструкций в строительстве согласно [53, табл., п.10].
- размер сметной прибыли принят по основным видам строительства в процентах от фонда оплаты труда (55%) для деревянных конструкций в строительстве согласно [54, табл., п.10].

Лимитированные затраты учтены по действующим нормам:

- затраты на строительство временных зданий и сооружений согласно [55, прил.1, п.50] – 1,8 %.
- дополнительные затраты при производстве работ в зимнее время (V температурная зона) по [56, прил.3, табл., п.10.1] – 2,57 %.

Стоимость демонтажа временной опоры принята по расценкам на устройство этой конструкции с применением коэффициента 0,7 [57, табл. 2]. При этом не учитывается стоимость материальных ресурсов.

НДС определяется в размере 20 % на общую сметную стоимость всех выполненных работ и затрат, включая лимитированные.

Так как Иркутский район (1 зона) не относится к территориям крайнего севера или приравненных к ним, то коэффициентов к итогам при определении сметной стоимости СМР не будет.

Сметная стоимость работ по устройству деревянного покрытия пассажирского терминала составила **346 530,74 рублей.**

В таблице 7.1 представлена структура локального сметного расчета на устройство деревянного покрытия по составным элементам.

Таблица 7.1 – Структура локального сметного расчета на устройство деревянного покрытия по составным элементам

Элемент	Сумма, тыс. руб.	Удельный вес, %
Прямые затраты, в том числе:	226 742 037,7	
- материалы	205 118 836,50	59,19
- эксплуатация машин	9 528 647,68	2,75
- основная ЗП	12 094 553,53	3,49
Накладные расходы	15 630 059,04	4,51
Сметная прибыль	9 047 835,59	2,61
Лимитированные затраты	37 355 686,93	10,78
НДС	57 755 123,85	16,67
Итого	346 530 743,13	100

На рисунке 7.3 приведена структура локального сметного расчета на устройство деревянного покрытия по составным элементам в виде круговой диаграммы.

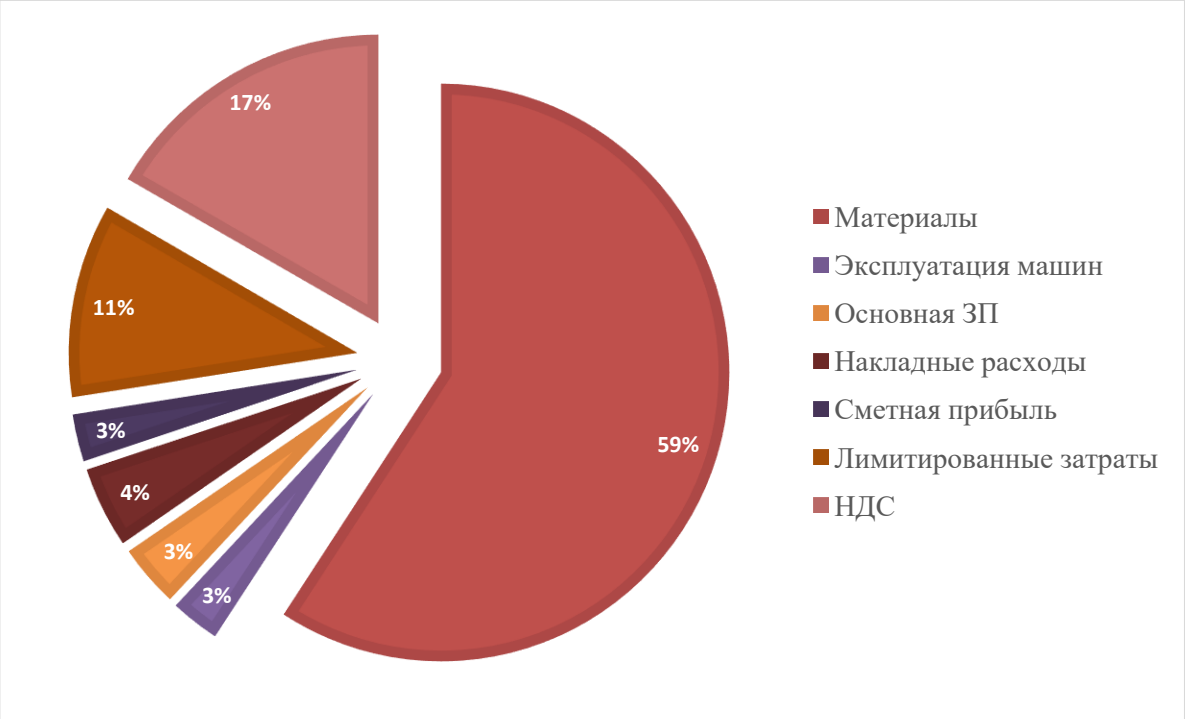


Рисунок 7.3 – Структура локального сметного расчета по составным элементам

Наибольшая сметная стоимость при возведении каркаса приходится на материалы и составляет 59,2 % от общей сметной стоимости.

7.3 Технико-экономические показатели

Технико-экономические показатели являются обоснованием технических, технологических, планировочных и конструктивных решений и составляют основу каждого проекта. Технико-экономические показатели служат основанием для решения вопроса о целесообразности строительства объекта при запроектированных параметрах и утверждения проектной документации для строительства.

Планировочный коэффициент $K_{\text{П}}$ определяется по формуле

$$K_{\text{П}} = \frac{S_{\text{расч}}}{S_{\text{общ}}}, \tag{7.1}$$

где $S_{\text{расч}}$ – расчетная площадь здания, м^2;

$S_{\text{общ}}$ – общая площадь здания, м^2.

Принимаем по табл. 7.2: $S_{\text{расч}} = 50\ 843{,}16$ м^2; $S_{\text{общ}} = 70\ 615{,}5$ м^2.

Подставляем значения в формулу (7.1), получаем

$$K_1 = \frac{50\ 843{,}16}{70\ 615{,}5} = 0{,}72.$$

Объемный коэффициент K_2 определяется по формуле

$$K_2 = \frac{V_{\text{стр}}}{S_{\text{расч}}}, \tag{7.2}$$

где $V_{\text{стр}}$ – строительный объем здания, м^3;

$S_{\text{расч}}$ – то же, что и в формуле (7.1).

Принимаем по табл. 7.2: $V_{\text{стр}} = 572\ 163{,}5$ м^3.

Подставляем значения в формулу (7.2), получаем

$$K_2 = \frac{572\ 163{,}5}{50\ 843{,}16} = 11{,}25.$$

Сметная себестоимость на устройство деревянного покрытия, приходящаяся на 1 м^2 площади, C , руб./м^2, определяется по формуле

$$C = \frac{ПЗ + НР + ЛЗ}{S_{общ}}, \quad (7.3)$$

где ПЗ – величина прямых затрат (по смете), руб.;
НР – величина накладных расходов (по смете), руб.;
ЛЗ – величина лимитированных затрат (по смете), руб.;
$S_{общ}$ – то же, что и в формуле (7.1).
Принимаем: $ПЗ = 226\,742\,037{,}7$ руб.; $НР = 15\,630\,059{,}04$ руб.; $ЛЗ = 37\,355\,686{,}93$ руб.
Подставляем значения в формулу (7.3), получаем

$$C = \frac{226\,742\,037{,}7 + 15\,630\,059{,}04 + 37\,355\,686{,}93}{70\,615{,}5} = 3961{,}28 \text{ руб./м}^2.$$

Сметная рентабельность производства (затрат) общестроительных работ на устройство деревянного покрытия $R_з$, %, определяется по формуле

$$R_з = \frac{СП}{ПЗ + НР + ЛЗ} \cdot 100\%, \quad (7.4)$$

где СП – сметная прибыль, руб.;
ПЗ – то же, что и в формуле (7.3);
НР – то же, что и в формуле (7.3);
ЛЗ – то же, что и в формуле (7.3).
Принимаем: $СП = 9\,047\,835{,}59$ руб.
Подставляем значения в формулу (7.4), получаем

$$R_з = \frac{9\,047\,835{,}59}{226\,742\,037{,}7 + 15\,630\,059{,}04 + 37\,355\,686{,}93} \cdot 100\% = 3{,}2\ \%.$$

Нормативная выработка на 1 чел-ч В, руб./чел.−ч, определяется по формуле

$$В = \frac{С_{смр}}{ТЗО_{см}}, \quad (7.5)$$

где $С_{смр}$ – стоимость строительно-монтажных работ по итогам сметы, руб.;
$ТЗО_{см}$ – затраты труда основных рабочих по смете, чел.-ч.
Принимаем: $С_{смр} = 346\,530\,743{,}1$ руб.; $ТЗО_{см} = 10\,994{,}65$ чел.−ч.
Подставляем значения в формулу (7.5), получаем

$$В = \frac{346\ 530\ 743{,}1}{10\ 994{,}65} = 31\ 518{,}12\ руб./чел.-ч.$$

Основные технико-экономические показатели приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Технико-экономические показатели

Наименование показателя	**Ед.изм.**	**Значение**
1 Объемно-планировочные показатели		
Площадь застройки	$м^2$	23 538,5
Этажность	эт.	3
Строительный объем здания	$м^3$	572 163,5
Общая площадь	$м^2$	70 615,5
Расчетная площадь	$м^2$	50 843,16
Планировочный коэффициент, $К_1$		0,72
Объемный коэффициент, $К_2$		11,25
Объем клееной древесины на устройство деревянного покрытия	$м^3$	3320,68
2 Стоимостные показатели		
Сметная стоимость работ по устройству деревянного покрытия	руб.	346 530 743,1
Сметная стоимость работ по устройству деревянного покрытия на 1 $м^3$ клееной древесины конструкций покрытия	руб.	104 335,36
Сметная рентабельность производства (затрат) работ по устройству деревянного покрытия	%	3,2
3 Показатели трудовых затрат		
Трудоемкость работ по устройству деревянного покрытия	чел.-ч	10 994,65
Трудоемкость работ по устройству деревянного купола на 1 $м^3$ клееной древесины конструкций покрытия	чел.-ч/ $м^3$	3,31
Нормативная выработка на 1 чел.-ч	руб./чел.-ч	31 518,12
4 Прочие показатели проекта		
Продолжительность строительства всего здания	мес.	24

Полученные значения технико-экономических показателей свидетельствуют о целесообразности строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной выпускной является проект пассажирского терминала аэропорта в г. Иркутск с покрытием, выполненным из клееных решетчатых арок пролетом 100 м.

Результаты работы по каждому разделу:

1) Вариантное проектирование заключалось в определении более экономически выгодного и эффективного конструктивно-компоновочного решения проектируемого объекта. Исходя из результатов расчета, была выбрана двухшарнирная решетчатая расчетная схема с параллельными поясами.

2) Архитектурно-планировочные решения соответствуют требованиям нормативной документации. В ходе разработки данного раздела был выполнен теплотехнический расчет, составлены: экспликация помещений, ведомость отделки и экспликация полов. Раздел выполнялся в программе Autodesk Revit, результатом стала 3D-модель здания, с которой были взяты основные требуемые чертежи.

3) В рамках конструктивного раздела была создана расчетная схема в ПК SCAD++ и произведён расчет с учетом сейсмической активности площадки строительства; выполнен подбор сечений несущих элементов здания: поясов арок, решетки, распорок, прогонов, колонн каркаса, главных и второстепенных балок. Подобранные сечения:

- верхний пояс 600x990 мм;
- нижний пояс 600x825 мм;
- решетка 250x600 мм;
- распорки 420x528 мм;
- прогоны гнутоклееные 160x264 мм;
- связи (деревянные в уровне покрытия) 300x300 мм;
- арки сплошного сечения, перекрывающие боковые сектора, 400x1300 мм;
- колонны сектора А круглого сечения диаметром 1400 мм;
- колонны секторов Б-Г круглого сечения диаметром 850 мм;
- перекрытие $t = 250$ мм;
- главные балки сварного сечения высотой 1000 мм;
- второтсепенные металлические балки 30Ш1.

Также были законструированы основные узлы деревянных элементов: соединение сегментов арки на вклееных стержнях и опорный узел; подобрано армирование для железобетонных колонн и перекрытия.

4) В раздел «фундаменты» входили расчёт и сравнение свайного фундамента с использованием забивных и буронабивных свай. Несмотря на экономичность забивных свай, в данном проекте были приняты буронабивные, это обусловлено их высокой несущей способностью и отсутствием на них динамических нагрузок при устройстве;

5) Технологическая карта была выполнена на монтаж деревянного покрытия основного сектора терминала. В рамках ее разработки были подобраны основные машины и механизмы, необходимая оснастка и инвентарь.

Продолжительность возведения покрытия составила 54 календарных дня.

6) Разработка строительного генерального плана включала первую очередь (сектор А). Результатом данного раздела является графический материал с календарным графиком производства работ и объектный строительный генеральный план с спецификациями временных зданий и сооружений и складов. Продолжительность строительства объекта составила 24 мес.

7) Раздел экономики включал социально-экономическое обоснование строительства аэропорта в г. Иркутск и локальный сметный на возведение деревянного покрытия, стоимость которого составила 346 530 743,1 руб., сметная стоимость за куб клееной древесины - 104 335,36 руб.

В процессе проектирования были использованы следующие программы: Autodesk AutoCad 2021, Autodesk Revit 2021 и SCAD Office 21.1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Строительная компания «АЛСИСАРД» Ледовый дворец «Байкал» - Монтаж КДК и металлоконструкций // БКДК Алисард : официальный сайт. – 2016. – URL: alisard.com (дата обращения: 27.02.2023).

2 Сферические антисейсмические опоры // MAURER : официальный сайт. – 2023. – URL: https://www.maurer.eu/ru/produkcija/opornye-chasti/cfericheskie-msmrmsar/ (дата обращения: 27.02.2023).

3 Турковский С. Клееные деревянные конструкции в современном строительстве (система ЦНИИСК). Часть 4 / Турковский С., Полгорельцев А., Преображенская И. // ЛесПромИнформ. – 2014. – № 1 – 99 с.

4 СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. – Пересмотр СП 20.13330.2011 СНиП 2.01.07-85 : дата введения 2017-06-04. – Москва : Минстрой России, 2016. – 95 с.

5 ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения : дата введения 2015-07-01. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/ (дата обращения: 05.03.2023).

6 Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/ (дата обращения: 05.03.2023).

7 СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. – Взамен СП 1.13130.2009 : дата введения 2020-09-19 // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 05.03.2023).

8 СП 118.13330.2022. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009: взамен СП 118.13330.2012 : дата введения 2022-06-20 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL : https://docs.cntd.ru/document/351102147 (дата обращения: 05.03.2023).

9 СП 478.1325800.2019 Здания и комплексы аэровокзальные. Правила проектирования : введен впервые : дата введения 2020-06-11. – Москва : Минстрой России, 2020. – 42 с.

10 СП 451.1325800.2019 Здания общественные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования : введен впервые : дата введения 2020-04-23 // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

11 СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. – Взамен СП 2.13130.2012 : дата введения 2020-09-12 // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой

информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

12 СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемнопланировочным и конструктивным решениям. – Взамен СП 4.13130.2009. : дата введения 2013-06-24. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

13 СП 59.13330.2016 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. – Пересмотр СП 59.13330.2012 “СНиП 35-01-2001 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения” : дата введения 2017-05-15. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

14 СП 136.13330.2012 Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения : введен впервые : дата введения 2012-07-01. – Москва : Минстрой России, 2013. – 82 с.

15 СП 138.13330.2012 Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным группам населения : введен впервые : дата введения 2013-07-01. – Москва : Минстрой России, 2020. – 113 с.

16 СП 131.13330.2020 Строительная климатология. – Пересмотр СП 131.13330.2012 "СНиП 23-01-99* Строительная климатология" : дата введения 2019-01-29. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

17 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – Пересмотр СП 52.13330.2011 “СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение” : дата введения 2017-05-08. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

18 СП 51.13330.2011 Защита от шума. Пересмотр СП 51.13330.2010. : дата введения 2011-05-20. // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

19 СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23.02.2003. : дата введения 2013-07-01. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

20 СП 29.13330.2011 Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88. – Пересмотр СП 29.13330.2010 : дата введения 2011-05-20. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.03.2023).

21 СП 17.13330.2017 Кровли. Пересмотр СП 17.13330.2011. : дата введения 2017-12-01. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru. 19 ГОСТ 30389-2013 Услуги общественного питания. Предприятия общественного питания. Классификация и общие требования. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.03.2023).

22 ГОСТ 30389–2013 Услуги общественного питания. Предприятия общественного питания. Классификация и общие требования // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

23 ГОСТ 5746-2015 Лифты пассажирские. Основные параметры и размеры. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

24 Постановление от 28 января 2021 г. N 2 об утверждении санитарных правил и норм санпин 1.2.3685-21 "гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

25 ГОСТ 24866-99 Стеклопакеты клееные строительного назначения // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.03.2023).

26 СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах Актуализированная редакция СНиП II-7-81 : дата введения 2018-11-25. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 116 с.

27 СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 – Пересмотр СП 64.13330.2011 “СНиП II-25-80 Деревянные конструкции” : дата введения 2017-08-28. // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.03.2023).

28 СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. – Пересмотр СП 28.13330.2012 СНиП 2.03.11-85 “Защита строительных конструкций от коррозии” ; дата введения 2017-08-28. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.03.2023).

29 СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Пересмотр СП 16.13330.2011. - дата введения 2017 28.08.2017. // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». - URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.03.2023).

30 СП 382.1325800.2017 Конструкции деревянные клееные на вклеенных стержнях. Методы расчета. – Введен впервые ; введ 21.06.2018 // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.03.2023).

31 Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / Утверждено приказом по ЦНИИСК им. Кучеренко от 28 ноября 1983 г. № 372/л Москва : Стройиздат, 1986. – 2016 с.

32 Ковальчук Л.М Деревянные конструкции в строительстве / Л.М. Ковальчук, С.Б. Турковский, Ю.В. Пискунов. – Москва : Стройиздат, 1995. – 248 с.

33 Уманский, А.А. Справочник проектировщика. Расчетнотеоретический. т. 2. / А .А. Уманский. – Москва : Стройиздат, 1973. – 415 с.

34 СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Введ 20.06.2019. // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 14.04.2023).

35 ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. : введен впервые : дата введения 2019-01-01 // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 27.08.2023).

36 ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. : введен впервые : дата введения 2016-09-01 // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 14.04.2023).

37 СТО НОСТРОЙ 2.6.175-2015 Конструкции строительные железобетонные. Соединение металлической стержневой арматуры методом механической опрессовки. Правила и контроль выполнения, требования к результатам работ : дата введения 2017-01-01. – Москва : ООО «Издательство «БСТ»», 2017. – 53 с.

38 СП 22.13330.2012 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Пересмотр СП 22.13330.2011 : дата введения 2017-07-01 // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.04.2023).

39 СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Пересмотр СП 24.13330.2010 : дата введения 2011-05-20 // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http ://docs.cntd.ru (дата обращения: 20.04.2023).

40 Преснов, О.М Основания и фундаменты в курсовом проектировании : учеб.-метод. пособие / О. М. Преснов ; Сибирский федеральный университет, Инженерно-строительный институт. – Красноярск : СФУ, 2019. – 172 с.

41 МДС 12–29.2006 Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 03.05.2023).

42 СП 49.13330.2010 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.05.2023).

43 СП 48.13330.2019 Организация строительства. Пересмотр СП 48.13330.2011. : дата введения 2020-06-25 // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.05.2023).

44 СТО НОСТРОЙ 2.11.88-2013 «Строительные конструкции деревянные. Сборка и монтаж конструкций деревянных клееных. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.05.2023).

45 ГОСТ 20850–2014 «Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 17.05.2023).

46 СП 70.13330.2012. Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 : дата введения 2013-07-01. – Москва: Минстрой России, 2018. – 229 с.

47 ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 15.05.2023).

48 СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений СНиП 21-01-97*1. дата введения : 1998-01-01. – Москва: ГУП ЦПП, 2002. – 33 с.

49 СНиП 1.04.03-85 Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. Часть1,2 : дата введения 1991-01-01. – Москва: Минстрой России, 2012. – 297 с.

50 "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 28.04.2023) ГрК РФ Статья 33. Порядок внесения изменений в правила землепользования и застройки // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации «Консультант». – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 05.06.2023).

51 Приложение №10 к приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 26 декабря 2019 г. №876/пр. Федеральные единичные расценки на строительные работы «ФЕР 81-02-06-2001». Сборник 10. Деревянные конструкции. // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.06.2023).

52 Письмо Минстроя России от 23.05.2023 № 29735-АЛ/09 «О рекомендуемой величине индексов изменения сметной стоимости строительства во II квартале 2023 года, в том числе величине индексов изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.06.2023).

53 Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. № 812/пр «Об утверждении методики по разработке и применению нормативов накладных расходов при определении сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.06.2023).

54 Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 11.12.2020 № 774/пр «Об утверждении Методики по разработке и применению нормативов сметной прибыли при определении сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.06.2023).

55 Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19.06.2020 № 332/пр «Об утверждении Методики определения затрат на строительство временных зданий и сооружений, включаемых в сводный сметный расчет стоимости строительства объектов капитального строительства» // Электронный фонд нормативнотехнической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.06.2023).

56 Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 25.05.2021 № 325/пр «Об утверждении Методики определения дополнительных затрат при производстве работ в зимнее время» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативноправовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 06.06.2023).

57 Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 04.09.2019 № 519/пр «Об утверждении Методических рекомендаций по применению федеральных единичных расценок на строительные, специальные строительные, ремонтно-строительные, монтаж оборудования и пусконаладочные работы» // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения: 07.06.2023).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Экспликация зон и помещений

Таблица А.1 – Экспликация зон и помещений

Номер помещения	Наименование	Площадь, м^2	Примечание
1	2	3	4
1 этаж			
1.1	Зона получения багажа	4435,6	
1.2	Санузел для пассажиров женский	14,6	
1.3	Санузел для пассажиров мужской	14,4	
1.4	Комната матери и ребенка	15,8	
1.5	Комната для курения	6,8	
1.6	Комната управления полетами	15,3	
1.7	Комната контроля качества воздуха	94,5	
1.8	Комната электрооборудования	79,8	
1.9	Комната системы кондиционирования воздуха	56,5	
1.10	Комната системы вентиляции	40,9	
1.11	Санузел для работников аэропорта	20,3	
1.12	Комната для персонала безопасности	33,5	
1.13	Комната для персонала безопасности	48,6	
1.14	Комната для персонала технического обслуживания	48,9	
1.15	Кладовая невостребованного багажа международных воздушных линий	18,5	
1.16	Выдача оружия пассажиров международных воздушных линий	10	
1.17	Служебное помещение службы авиационной безопасности	11,8	
1.18	Санпропускник для больных с санузлом	11,9	
1.19	Санпропускник персонала	6,5	
1.20	Изолятор для больных	23,8	
1.21	Комната дежурного медицинского персонала	14,6	
1.22	Тамбур	3,8	
1.23	Коридор	27,6	
1.24	Помещение кинологов Пограничной службы ФСБ России	11	
1.25	Помещение старших пограничного наряда по осмотру (досмотру) транспортных средств	15,4	
1.26	Помещение старших (личного состава) пограничного наряда по осмотру (досмотру) транспортных средств	38	
1.27	Комната отдыха и приема пищи	13,6	
1.28	Сушка одежды	4,6	
1.29	Санузел персонала	2,1	

Продолжение приложения А

1	2	3	4
1.30	Комната уборочного инвентаря	4,6	
1.31	Помещение с клетками для собак Пограничной службы ФСБ России	23,4	
1.32	Комната приготовления пищи для собак	2,2	
1.33	Кладовая	4,9	
1.34	Склад временного хранения	11,6	
1.35	Кладовая задержанных товаров "прилет"	10,8	
1.36	Касса таможенных платежей "прилет"	11,8	
1.37	Коридор	28,7	
1.38	Помещения фитосанитарного контрольного поста, пограничного ветеринарного контрольного поста	15,9	
1.39	Ветеринарный контроль пассажиров	12,9	
1.40	Помещение (склад) для хранения задержанной подкарантинной продукции фитосанитарного контрольного поста	10	
1.41	Помещение инспекторов пограничного ветеринарного контрольного пункта, фитосанитарного контрольного поста	13,6	
1.42	Склад временного хранения	11,6	
1.43	Кладовая задержанных товаров "прилет"	10,8	
1.44	Касса таможенных платежей "прилет"	11,8	
1.45	Коридор	28,7	
1.46	Помещения фитосанитарного контрольного поста, пограничного ветеринарного контрольного поста	11,9	
1.47	Ветеринарный контроль пассажиров	12,9	
1.48	Помещение (склад) для хранения задержанной подкарантинной продукции фитосанитарного контрольного поста	10	
1.49	Помещение инспекторов пограничного ветеринарного контрольного пункта, фитосанитарного контрольного поста	13,6	
2 этаж			
2.1	Центр управления безопасностью (SOC)	18,9	
2.2	Центр отслеживания приборных метеорологических условий (IMC)	48,5	
2.3	Операционный центр аэропорта (AOC)	66,8	
2.4	Конференц-залы	28,8	
2.5	Комната для переговоров	35,2	
2.6	Зона ожидания вылета	3984,9	
2.7	Комнаты для персонала обслуживания пассажиров (туалеты, раздевалки, комнаты отдыха)	28,9	
2.8	Иммиграционный офис	49,8	
2.9	Офисы компаний	68,9	
2.10	Зона транзита для пассажиров, не выходящих за пределы аэропорта	64,8	

Продолжение приложения А

1	2	3	4
2.11	Кабинеты администрации аэропорта	49,8	
2.12	Представительства авиакомпаний	156,6	
2.13	Игровая зона в зале ожидания	28,0	
2.14	Игровая зона в зале ожидания	35,9	
2.15	Предприятие торговли	654,8	
2.16	Залы повышенной комфортности для обслуживания привилегированных пассажиров международных и внутренних рейсов (первый класс, бизнес-класс, залы авиакомпаний и др.);	468,8	
2.17	Представительства турфирм	1868,5	
2.18	Служебное помещение службы авиационной безопасности	12,9	
2.19	Предполетный досмотр службы авиационной безопасности трансферных пассажиров МВД	69,8	
2.20	Диспетчер трансфер-транзит, диспетчер международных воздушных линий	29,2	
2.21	Кладовая	16	
2.22	Серверная	15,2	
2.23	Кроссовая	15,2	
2.24	Кабинет должностных лиц отдела специальных таможенных процедур	21,3	
2.25	Кабинет начальника отдела подразделения экспорта товаров	16,1	
2.26	Кабинет заместителя начальника отдела специальных таможенных процедур	19,2	
2.27	Кабинет начальника отдела специальных таможенных процедур	17,3	
2.28	Кабинет заместителя начальника таможенного поста (сменные)	23,4	
2.29	Кабинет инспектора отдела документационного обеспечения	20	
2.30	Кабинет отдела документационного обеспечения	23	
2.31	Кабинет главного государственного таможенного инспектора	20,3	
2.32	Кабинет главного государственного таможенного инспектора	16,8	
2.33	Кабинет начальника отдела административных расследований	16,1	
2.34	Кабинет начальника отдела документационного обеспечения	21	
2.35	Кабинет должностных лиц отдела административных расследований	26,7	
2.36	Кабинет должностных лиц отдела документационного обеспечения	68,6	

Продолжение приложения А

1	2	3	4
2.37	Кабинет заместителя начальника таможенного поста	24,9	
2.38	Приемная	18,9	
2.39	Кабинет начальника таможенного поста	33,7	
2.40	Комната отдыха	21,6	
3 этаж			
3.1	Зона регистрации вылета	6162,5	
3.2	Зона прохождения паспортного контроля	925,6	
3.3	Зона досмотра багажа	652,2	
3.4	Зона таможенного контроля	71,8	
3.5	Медицинский центр	25,4	
3.6	Предприятие общественного питания	40,0	
3.7	Санузел для пассажиров женский	14,6	
3.8	Санузел для пассажиров мужской	14,4	
3.9	Комната матери и ребенка	15,8	
3.10	Коридор	31,5	
3.11	Офис иммиграционной службы	43,4	
3.12	Офис иммиграционной службы	43,4	
3.13	Коридор	66,4	
3.14	Комната охраны	59,8	
3.15	Коридор	19,5	
3.16	Лестничная клетка	22,9	
3.17	Коридор	24,0	
3.18	Комната матери и ребенка	13,6	
3.19	Комната для молитв	7,9	
3.20	Коридор	101,4	
3.21	Зона для курения	40,0	
3.22	Терминальные операции	14,6	
3.23	Офис персонала	14,4	
3.24	Магазин	15,8	
3.25	Зона ожидания вылета	31,5	
3.26	Офис персонала	43,4	
3.27	Санитарная комната	43,4	
3.28	Зоны общественного пользования	66,4	
3.29	Рестораны и кафе	2797,6	
3.30	Санузел для пассажиров женский	14,6	
3.31	Санузел для пассажиров мужской	14,4	
3.32	Лифтовой холл	5,6	
3.33	Санузел для пассажиров женский	14,6	
3.34	Санузел для пассажиров мужской	14,4	
3.35	Лифтовой холл	14,6	
3.36	Предприятие общественного питания	256,8	
3.37	Предприятие общественного питания	356,7	
3.38	Предприятие общественного питания	212,5	
3.39	Предприятие общественного питания	456,6	
3.40	Предприятие торговли	57,0	
3.41	Предприятие торговли	31,5	
3.42	Предприятие торговли	43,4	

Окончание приложения А

1	2	3	4
3.43	Предприятие торговли	43,4	
3.44	Предприятие торговли	66,4	
3.45	Предприятие торговли	387,5	
3.46	Предприятие торговли	547,6	
3.47	Санузел для пассажиров женский	14,6	
3.48	Санузел для пассажиров мужской	14,4	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Ведомость отделки помещений

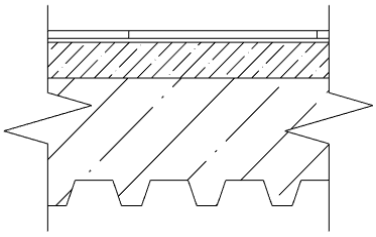
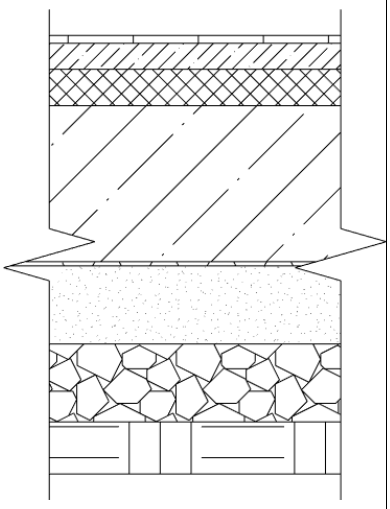
Таблица Б.1 – Ведомость отделки помещений

Наименование или номер помещения	Вид отделки элементов интерьеров				Приме-чание
	Потолок	Площадь, м^2	Стены и перегородки	Площадь, м^2	
1	2	3	4	5	6
Технические помещения, лестничные клетки, лестнично-лифтовые узлы	Подвесная система ТехноНИКОЛЬ Акустик	16560,34	Оштукатуривание цементно-песчаным раствором по металлической сетке и шпатлевание, окраска огнестойкой краской	41400,85	
Зоны регистрации пассажиров, зоны безопасности и паспортного контроля, зоны таможенного контроля, зоны ожидания, зона выдачи багажа, кабинеты администрации аэропорта, конференц-залы и переговорные комнаты	Подвесная система ТехноНИКОЛЬ Акустик	32132,10	Шпонированные панели Wallhof Wood	65330,25	
Магазины дьюти-фри, кафе и рестораны, магазины, киоски	Подвесная система ТехноНИКОЛЬ Акустик	10210,04	Деревянные шпонированные реечные панели Wallhof Wood	19525,02	
Санитарные комнаты и туалеты	Подвесная система ТехноНИКОЛЬ Акустик	2377,19	HPL панели Wallhof Wood	5942,98	

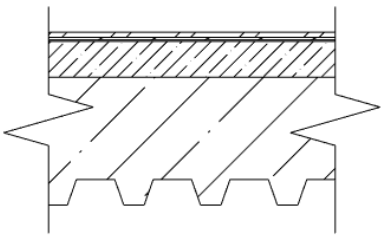
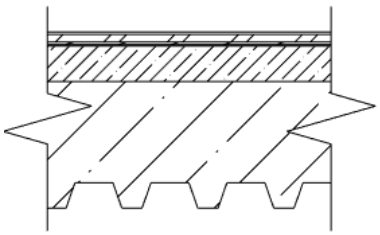
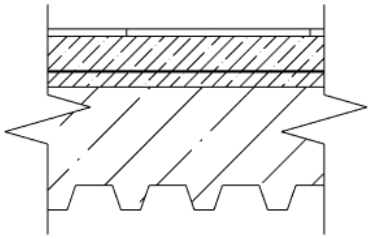
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Экспликация полов

Таблица В.1 – Экспликация полов

№	Тип помещения	Схема пола	Элементы пола	Площадь, м^2
1	2	3	4	5
1	Вестибюль: зоны регистрации пассажиров, зоны безопасности и паспортного контроля, зоны таможенного контроля, зоны ожидания (не оборудованные ковролином); Коммерческие помещения: магазины дьюти-фри, кафе и рестораны, магазины, киоски		1. Плитка керамогранитная (степень противоскольжения R10), швы заполнить фугой - 8 мм 2. Плиточный клей - 4 мм 3. Стяжка из цементно-песчаного раствора В12.5, армированная сетками - 70 мм 4. Железобетонное монолитное перекрытие по профнастилу 250 мм	33642,14
2	Зона выдачи багажа, технические помещения первого этажа		1. Плитка керамогранитная (степень противоскольжения R10), швы заполнить фугой - 8 мм 2. Плиточный клей - 4 мм 3. Стяжка из цементно-песчаного раствора В12.5, армированная сетками - 50 мм 4. Пленка пароизоляционная 5. Экструзионный пенополистирол - 70 мм 4. Железобетонная плита 300 мм 5. Профилированная мембрана PLANTERстандарт 6. Уплотненная выравнивающая песчаная подготовка – 150 мм 7. Щебеночная подготовка – 150 мм 8. Уплотненное грунтовое основание	18760,50

Окончание приложения В

1	2	3	4	5
3	Зоны ожидания, комнаты для молитвы и религиозных обрядов		1. Ковролин – 10 мм 2. Фанера – 5 мм 3. Полиэтиленовая пленка 4. Инфракрасный пленочный теплый пол 5. Изолон 6. Стяжка из цементно-песчаного раствора В12.5, армированная сетками - 70 мм 7. Железобетонное монолитное перекрытие по профнастилу 250 мм	550,62
4	Служебные помещения: кабинеты администрации аэропорта, комнаты для персонала безопасности, конференц-залы и переговорные комнаты		1. Трехслойное покрытие лаком 2. Паркет – 15 мм 3. Водостойкая фанера – 5 мм 4. Клей паркетный 5. Грунтовка 6. Стяжка из цементно-песчаного раствора В12.5, армированная сетками - 70 мм 7. Железобетонное монолитное перекрытие по профнастилу 250 мм	6499,84
5	Санитарные комнаты и туалеты		1. Плитка керамогранитная (степень противоск-я R10), швы заполнить фугой - 8 мм 2. Плиточный клей - 4 мм 3. Стяжка из цементно-песчаного раствора В12.5, армированная сетками - 70 мм 4. Мастика эмульсионная 5. Праймер битумный эмульсионный 6. Выравнивающая стяжка 30 мм 7. Железобетонное монолитное перекрытие по профнастилу 250 мм	2377,19

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Калькуляция затрат труда и машинного времени

Таблица Г.1 – Калькуляция затрат труда и машинного времени

Обоснование ЕНиР, УНиР и др. норм. док-ты	Наименование работ	Объем работ		Состав звена (по ЕНиР)	На единицу измерения		На объем работ	
		Ед.изм.	Кол-во		Норма времени, чел.-ч.	Норма времени, маш.-ч.	Трудо-емкость, чел.-ч.	Трудо-емкость, маш.-ч.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
§Е2-1-5, 1б	Срезка растительного слоя бульдозерами	1000 $м^2$	89,10	Машинист 6 разр.	0	1,5	0,00	133,65
§Е2-1-11, табл. 3, 5а	Разработка грунта в котлованах одноковшовыми экскаваторами, оборудованными обратной лопатой (под ростверки)	100 $м^3$	101,08	Машинист 6 разр.	0	2,3	0,00	232,47
ГЭСН 05-01-029-09	Устройство железобетонных буронабивных свай с бурением скважин вращательным (шнековым) способом в грунтах: 2 группы диаметром до 600/1600 мм, длина свай до 12 м	1 $м^3$ свай	5293,17	Машинист буровой установки 6 разр. - 1; Помощник машиниста 5 разр. - 1; Машинист крана 6 разр. - 1; Арматурщик 4 разр. - 1	1,84	1,42	9739,43	7516,30

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГЭСН 06-01-001-01	Устройство бетонной подготовки (под ростверки)	100 $м^3$	3,09	Машинист 6 разр. – 1; Арматурщик 4 разр. – 1; Арматурщик 2 разр. – 2; Бетонщик 4 разр. – 1; Бетонщик 2 разр. – 1; Плотник 4 разр. – 1; Плотник 3 разр. - 1	135	18,12	417,42	56,03
ГЭСН 06-01-001-08	Устройство железобетонных фундаментов общего назначения под колонны объемом до 25 м3	100 $м^3$	24,54	Машинист 6 разр. - 1; Машинист бетонной установки 4 разр. - 1; Арматурщик 4 разр. – 1; Арматурщик 2 разр. – 2; Бетонщик 4 разр. – 1; Бетонщик 2 разр. – 1; Плотник 4 разр. – 1; Плотник 3 разр. – 1; Плотник 2 разр. – 1	235	20,19	5767,61	495,52
ГЭСН 06-01-001-09	Устройство железобетонных фундаментов общего назначения под колонны объемом более 25 м3	100 $м^3$	11,30	Машинист 6 разр. - 1 Арматурщик 4 разр. – 1; Арматурщик 2 разр. – 2; Бетонщик 4 разр. – 1; Бетонщик 2 разр. – 1; Плотник 4 разр. – 1; Плотник 3 разр. - 1	171	19,77	1932,68	223,44
ГЭСН 08-01-003-03	Гидроизоляция фундаментов горизонтальная (ростверки)	100 $м^2$	59,74	Изолировщик 4 разр. – 1; Изолировщик 3 разр. – 1	20,1	0,7	1200,81	41,82

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГЭСН 08-01-003-05	Гидроизоляция фундаментов боковая (ростверки и колонны)	100 $м^2$	7,03	Изолировщик 4 разр. – 1; Изолировщик 3 разр. – 1	46,8	0,55	328,83	3,86
§Е2-1-34, 3б	Засыпка траншей и котлованов бульдозерами (ростверки)	100 $м^3$	62,14	Машинист 6 разр.	0	0,38	0,00	23,61
§Е2-1-11, табл. 3, 5а	Разработка грунта в котлованах одноковшовыми экскаваторами, оборудованными обратной лопатой (под плиту)	100 м3	59,22	Машинист 6 разр.	0	2,3	0,00	136,21
ГЭСН 11-01-002-01	Устройство подстилающего слоя (песчаная подушка)	$м^3$	958,00	Машинист 6 разр. - 1 Монтажник 5 разр. - 1 Монтажник 4 разр. - 1 Монтажник 3 разр. - 1	2,99	0,3	2864,42	287,40
ГЭСН 06-01-001-01	Устройство бетонной подготовки (под плиту)	100 $м^3$	9,58	Машинист 6 разр. – 1; Арматурщик 4 разр. – 1; Арматурщик 2 разр. – 2; Бетонщик 4 разр. – 1; Бетонщик 2 разр. – 1; Плотник 4 разр. – 1; Плотник 3 разр. - 1	135	18,12	1293,30	173,59

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГЭСН 06-01-001-16	Устройство фундаментных плит железобетонных плоских 300 мм	100 $м^3$	28,74	Машинист 6 разр. – 1; Арматурщик 4 разр. – 1; Арматурщик 2 разр. – 2; Бетонщик 4 разр. – 1; Бетонщик 2 разр. – 1; Плотник 4 разр. – 1; Плотник 3 разр. - 1	179	29,46	5144,46	846,68
ГЭСН 08-01-003-03	Гидроизоляция фундаментов горизонтальная (плита)	100 $м^2$	95,80	Изолировщик 4 разр. – 1; Изолировщик 3 разр. – 1	20,1	0,7	1925,58	67,06
ГЭСН 08-01-003-05	Гидроизоляция фундаментов боковая (плита)	100 $м^2$	1,73	Изолировщик 4 разр. – 1; Изолировщик 3 разр. – 1	46,8	0,55	81,01	0,95
§Е2-1-34, 3б	Засыпка траншей и котлованов бульдозерами (плита)	100 $м^3$	0,58	Машинист 6 разр.	0	0,38	0,00	0,22
ГЭСН 06-05-001-14	Устройство колонн в деревянной опалубке	100 $м^3$	22,71	Машинист бетонной установки 4 разр. – 1; Арматурщик 4 разр. – 1; Арматурщик 2 разр. – 2; Бетонщик 4 разр. – 1; Бетонщик 2 разр. – 1; Плотник 4 разр. – 1; Плотник 3 разр. – 1	656	80,29	14897,59	1823,36

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Е5-1-6	Монтаж металлических главных балок	шт	319,00	Машинист 6 разр. - 1 Монтажник 5 разр. - 1 Монтажник 4 разр. - 1 Монтажник 3 разр. - 1 Электросварщик 6 разр. - 1 Электросварщик 5 разр. - 1 Электросварщик 4 разр. - 1 Электросварщик 3 разр. - 1	0,45	0,15	143,55	47,85
		т	1452,68		1,5	0,495	2179,02	719,08
§Е22-1-4, 1к	Двусторонняя стыковая сварка	10 м шва	100,80		32	0	3225,73	0,00
ГЭСН 09-01-001-13	Монтаж металлических второстепенных балок	шт	459,00		0,45	0,15	206,55	68,85
		т	302,43		1,5	0,495	453,65	149,70
§Е22-1-4, 1а	Двусторонняя стыковая сварка	10 м шва	61,51		7,8	0	479,75	0,00
ГЭСН 09-01-001-13	Монтаж вертикальных связей м/у колоннами	шт	20,00		0,96	31,5	19,20	630,00
		т	7,10		4,5	1,5	31,97	10,66
ГЭСН 06-08-001-03	Устройство ж/б перекрытия по профлисту	100 $м^3$	58,43	Машинист бетонной установки 4 разр. – 1; Арматурщик 4 разр. – 1; Арматурщик 2 разр. – 2; Бетонщик 4 разр. – 1; Бетонщик 2 разр. – 1; Плотник 4 разр. – 1; Плотник 3 разр. – 1	575	26,05	33594,55	1521,98

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТК	Монтаж деревянного покрытия	-	-	Машинист 6 разр. - 1; Такелажники 2 разр. - 2 Монтажник 4 разр. - 1; Монтажник 3 разр. - 1; Плотник - 6 разр. - 1; Плотник - 5 разр. - 2; Плотник - 3 разр. - 3	-	-	9995,14	1842,09
ГЭСН 10-01-001-10	Монтаж деревянных плит покрытия	шт	2149	Кровельщик 4 разр. - 1; Кровельщик 3 разр. - 1	3,43	0,13	7371,07	279,37
ГЭСН 12-01-015-01	Устройство гидроизоляции кровли оклеечной	100 $м^2$	171,873	Изолировщик 4 разр. - 1; Изолировщик 3 разр. - 1	15,5	0	2664,03	0,00
ГЭСН 12-01-026-01	Устройство фальцевой кровли	100 $м^2$	171,873	Кровельщик 4 разр. - 1; Кровельщик 3 разр. - 1	48,63	0,32	8358,18	55,00
ГЭСН 08-03-004-02	Устрйотсво стен из газобетона	$м^3$	1755	Каменщик 4 разр. - 1; Каменщик 3 разр. - 1	2,81	0,18	4931,55	315,90
ГЭСН 09-04-010-03	Монтаж витражей	100 $м^2$	54,79	Машинист 6 разр. - 1; Монтажник 5 разр. - 1; Монтажник 4 разр. - 1; Монтажник 3 разр. - 1	322,73	19,95	17682,38	1093,06
ГЭСН 09-04-006-04	Монтаж стеновых сэндвич-панелей	100 $м^2$	4,5	Машинист 6 разр. - 1; Монтажник 5 разр. - 1; Монтажник 4 разр. - 1; Монтажник 3 разр. - 1	152	20,98	684,00	94,41

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГЭСН 08-02-009-02	Устройство внутренних перегородок	100 $м^2$	63,80	Каменщик 4 разр. - 1; Каменщик 2 разр. - 1	96,2	3,19	6137,56	203,52
ГЭСН 10-01-034-08	Установка окон	100 $м^2$	0,23	Машинист 6 разр. - 1; Монтажник 5 разр. - 1; Монтажник 4 разр. - 1; Монтажник 3 разр. - 1	145,19	3,94	32,67	0,89
ГЭСН 10-01-039-03	Установка дверных блоков	100 $м^2$	6,38	Машинист 6 разр. - 1; Плотник 4 разр. - 1; Плотник 3 разр. - 1	115	4,07	733,70	25,97
ГЭСН 15-02-001-01	Оштукатуривание фасада	100 $м^2$	43,88	Штукатур 4 разр. - 2; Штукатур 3 разр. - 2; Штукатур 2 разр. - 1	61,1	0	2681,07	0,00
ГЭСН 15-02-015-09	Оштукатуривание перегородок	100 $м^2$	63,80	Штукатур 4 разр. - 2; Штукатур 3 разр. - 2; Штукатур 2 разр. - 1	101	4,49	6443,80	286,46
ГЭСН 15-04-005-07	Окраска перегородок	100 $м^2$	63,80	Маляр 4 разр.- 1	62,5	0,23	3987,50	14,67
ГЭСН 15-01-047-15	Установка подвесного потолка	100 $м^2$	133,72	Монтажник 5 разр. - 1; Монтажник 4 разр. - 1; Монтажник 3 разр. - 1	102,46	5,34	13700,95	714,06
ГЭСН 11-01-009-01	Устройство тепло- и звукоизоляции сплошной	100 $м^2$	187,61	Изолировщик 3 разр. - 1; Изолировщик 2 разр. - 1;	25,8	1,08	4840,21	202,61

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГЭСН 11-01-004-05	Устройство гидроизоляции обмазочной	100 $м^2$	23,77	Изолировщик 4 разр. - 1; Изолировщик 3 разр. - 1; Изолировщик 2 разр. - 1	24,3	0,43	577,66	10,22
ГЭСН 11-01-011-01	Устройство цементно-песчаной стяжки толщиной 20 мм	100 $м^2$	293,70	Бетонщик 4 разр. - 1; Бетонщик 3 разр. - 2; Бетонщик 2 разр. - 1	35,6	1,27	10455,76	373,00
ГЭСН 11-01-011-02	Устройство цементно-песчаной стяжки: на каждые 5 мм изменения толщины стяжки добавлять или исключать к норме 11-01-011-01	100 $м^2$	293,70	Бетонщик 4 разр. - 1; Бетонщик 3 разр. - 2; Бетонщик 2 разр. - 1	4,4	2,1	1292,28	616,77
ГЭСН 11-01-027-03	Устройство покрытий на цементнопесчаном растворе из плит	100 $м^2$	293,70	Облицовщик-плиточник 4 разр. - 1; Облицовщик-плиточник 3 разр. - 1;	106	2,94	31132,20	863,48
Итого							*219628,800*	-
	Наружные сети		8%			-	17570,30	-
	Внутренние санитарно-технические работы		8%			-	17570,30	-
	Внутренние электро-монтажные работы		5%			-	10981,44	-
	Внутренние слаботочные работы		2%			-	4392,58	-

Окончание приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Монтаж технологического оборудования		5%			-	10981,44	-
	Благоустройство территории		3%			-	6588,86	-
	Прочие работы		10%				21962,88	
	Сдача объекта					-		-
Итого							*309676,61*	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Сметная документация

Пассажирский терминал аэропорта в г. Иркутск
(наименование объекта капитального строительства)

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № 02-01-01

на устройство деревянного покрытия
(наименование конструктивного решения)

Составлен базисно-индексным методом
Основание: ДП-08.05.01–2023 ТК
Составлен(а) в текущем (базисном) уровне цен II квартал 2023 г.
Сметная стоимость строительных работ 724 687 тыс.руб.
Средства на оплату труда рабочих 12 094,55 тыс.руб.

№ п.п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Ед. изм.	Кол.	Сметная стоимость в базисном уровне цен, руб.			Индексы	Сметная стоимость в текущем уровне цен
					на единицу	коэф.	всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Раздел 1. Монтаж деревянного покрытия									
1.1	ФЕР 10-01-001-02 (применительно)	Укрупнительная сборка и установка конструкций арок и ферм сегментных с металлической затяжкой пролетом 24 м (решетчатые арки пролетом 100 м)	шт	45	1137,32		51179,4		
		ОТ (оплата труда)			300,14		13506,30	45,93	620344,36
		ЭМ (эксплуатация машин)			272,61		12267,45	13,41	164506,5
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			30,77		1384,65	45,93	63596,97

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		М (материалы)			564,57		25405,65	8,43	214169,63
	07.2.07.13	Изделия металлические (стяжки, прижимы, планки)	т	0,75					
	11.2.06.02	Конструкции деревянные клееные	$м^3$	80,89					
		Итого по расценке			**2305,41**		**103743,45**		**1062617,47**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					14890,95		683941,33
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	108			16082,226		738656,68
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	55			8190,0225		376167,75
		Всего по позиции					**128015,7**		**2177441,84**
1.2	ФССЦ 08.3.05.02-0003	Прокат толстолистовой горячекатаный в листах с обрезными кромками толщиной 9-12 мм, шириной от 1400 до 1500 мм, сталь: С255	т	33,75	5821,93		196490,14	8,43	1656411,86
1.3	ФССЦ 11.2.06.01-0013	Конструкции гнутоклееные деревянные постоянного сечения, тип клея ФР-100	$м^3$	2214,6	6621,80		14664638	8,43	123622900,7
1.4	ФЕР 10-01-001-07	Установка балок пролетом 15 м объемом более 2 $м^3$ (распорки)	шт	220	348,79		76733,8		
		ОТ (оплата труда)			65,93		14504,6	45,93	666196,3
		ЭМ (эксплуатация машин)			106,19		24021,8	13,41	322132,34
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			14,62		3216,4	45,93	147729,25
		М (материалы)			176,67		38867,4	8,43	327652,18
	11.2.06.02	Конструкции деревянные клееные	$м^3$	2,86					

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Итого по расценке			**715,2**		**157344**		**1463710,05**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					17721		813926
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	108			19138,7		879040
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	55			9746,55		447659
		Всего по позиции					**186229,2**		**2790408,66**
1.5	ФССЦ 11.2.06.01-0043	Конструкции прямолинейные клееные постоянного сечения, тип клея ФР-100	$м^3$	629,2	5909,90		3718509,08	8,43	31347031,54
1.6	ФЕР 10-01-001-01	Укрупнительная сборка и установка конструкций арок и ферм сегментных с металлической затяжкой пролетом: 18 м (вертикальные связевые блоки)	шт	55	799,35		43964,25		
		ОТ (оплата труда)			185,18		10184,9	45,93	467792,5
		ЭМ (эксплуатация машин)			133,65		7350,75	13,41	98573,56
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			14,36		789,8	45,93	36275,51
		М (материалы)			480,52		26428,6	8,43	222793,1
	11.2.06.02	Конструкции деревянные клееные	$м^3$	7,27					
		Итого по расценке			**1613,06**		**88718,3**		**825434,63**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					10974,7		504068
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	108			11852,7		544393

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	55			6036,09		277237
		Всего по позиции					**106607**		**1647065,42**
1.7	ФССЦ 11.2.06.02-0043	Конструкции прямолинейные клееные постоянного сечения, тип клея ФР-100 (связевые блоки)	$м^3$	80,16	5909,90		473737,6	8,43	3993607,83
1.8	ФЕР 10-01-001-03	Установка балок пролетом: 9 м объемом до 0,5 $м^3$ (горизонтальные связи)	шт	60	163,61		9816,6		
		ОТ (оплата труда)			48,44		2906,4	45,93	133490,95
		ЭМ (эксплуатация машин)			44,28		2656,8	13,41	35627,69
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			6,22		373,2	45,93	17141,08
		М (материалы)			70,89		4253,4	8,43	35856,16
	11.2.06.02	Конструкции деревянные клееные	$м^3$	0,495					
		Итого по расценке			**333,44**		**20006,4**		**222115,88**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					3279,6		150632
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	108			6541,97		162682,9
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	55			1803,78		82847,6
		Всего по позиции					**25352,1**		**467646,08**
1.9	ФССЦ 11.2.06.02-0043	Конструкции прямолинейные клееные постоянного сечения, тип клея ФР-100	$м^3$	30	5909,90		177297	8,43	1494613,71

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.10	ФЕР 10-01-001-03	Установка балок пролетом: 9 м объемом до 0,5 $м^3$ (прогоны)	шт	2354	163,61		385137,9		
		ОТ (оплата труда)			48,44		114027,8	45,93	5237295,85
		ЭМ (эксплуатация машин)			44,28		104235,1	13,41	1397792,69
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			6,22		14641,88	45,93	672501,55
		М (материалы)			70,89		166875,1	8,43	1406757,09
	11.2.06.02	Конструкции деревянные клееные	$м^3$	0,16					
		Итого по расценке			**333,44**		**784917,8**		**8714348,19**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					128670		5909796,5
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	108			138963		6382580,22
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	55			70768,3		3250388,08
		Всего по позиции					**994649**		**18347319,58**
1.11	ФССЦ 11.2.06.01-0033	Прогоны гнуто-клееные постоянного сечения	$м^3$	366,72	10271,06		3766603	8,43	31752464,33
1.12	ФЕР 10-01-091-01	Обработка деревянных конструкций антисептиком антипиреном при помощи аппарата аэрозольно-капельного распыления	100 $м^2$	4,12	86,94		358,19		
		ОТ (оплата труда)			47,94		197,51	45,93	9071,8
		ЭМ (эксплуатация машин)			37,17		153,14	13,41	2053,61
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			1,85		7,62	45,93	349,99
		М (материалы)			1,83		7,54	8,43	63,56
	14.2.06.01	Антисептик и антипирен	т	11,5					

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Итого по расценке			**175,73**		**724,00**		**11538,79**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					205,13		9421,9
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	108			221,54		10175,65
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	55			112,82		5182,05
		Всего по позиции					**1058,36**		**26896,03**
1.13	ФССЦ 14.2.06.01-0004	Антисептик-антипирен «ПИРИЛАКС» для древесины	кг	47380	16,34		774189,2	8,43	6526414,96
Раздел 2. Устройство временных опор									
2.1	ФЕР 09-06-033-04	Монтаж опор, отдельно стоящих башенного и портального типов высотой до 45 м	т	247	1500,76		370687,7		
		ОТ (оплата труда)			257,20		63528,4	45,93	2917859,41
		ЭМ (эксплуатация машин)			1333,36		329339,9	13,41	4416448,059
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			128,20		31665,4	45,93	1454391,822
		М (материалы)			110,20		27219,4	8,43	229459,542
	11.1.02.01	Бревна строительные	$м^3$	494					
		Итого по расценке			**3329,72**		**822440,8**		**9018158,84**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					95193,8		4372251,23
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	93			88530,2		4066193,4

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	62			59020,2		2710795,62
		Всего по позиции					**969991**		**15795148,25**
2.2	ФССЦ 11.1.02.01-0001	Бревна лиственных пород, окоренные для строительства	$м^3$	494	511,0		252434	8,43	2128018,62
2.3	ФЕР 09-06-033-04	Демонтаж опор, отдельно стоящих башенного и портального типов высотой до 45 м	т	247	1500,76	0,7	259481,4		
		ОТ (оплата труда)			257,20	0,7	44469,88	45,93	2042502,59
		ЭМ (эксплуатация машин)			1333,36	0,7	230537,9	13,41	3091513,239
		в т.ч. Отм (плата труда машинистов)			128,20	0,7	22165,78	45,93	1018074,275
		М (материалы)			110,20	0,7	19053,58	8,43	160621,6794
	11.1.02.01	Бревна строительные	$м^3$	494					
		Итого по расценке			**3329,72**		**575708,6**		**6312710,78**
		ФОТ (фонд оплаты труда)					66635,7		3060576,86
	Приказ Минстроя России от 21 декабря 2020 г. №812/пр (табл., п.10)	Накладные расходы	%	93			61971,2		2846335,68
	Приказ Минстроя России от 11 декабря 2020 г. №774/пр (табл., п.10)	Сметная прибыль	%	62			41314,1		1897557,12
		Всего по позиции					**678994**		**11056603,37**

Окончание приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Итоги по смете									
		Итого прямые затраты по смете (в базисном уровне цен) (ОТ+ЭМ+М)					25 305 897,7		226 742 037,7
		в том числе:							
		оплата труда					263 325,79		12 094 553,53
		эксплуатация машин и механизмов					710 562,84		9 528 647,68
		материальные ресурсы					24 332 009		205 118 836,5
		Итого ФОТ					337 570,52		15 504 613,98
		Итого накладные расходы					340 301,74		15 630 059,04
		Итого сметная прибыль					196 991,85		9 047 835,59
		Итого по смете					**25 843 191,3**		**251 419 932,3**
	Приказ Минстроя России от 19 июня 2020 г. №332/пр (прил.1, п.50)	Временные здания и сооружения (1,8%)					465 177,4		4 525 558,78
		Итого с временными зданиями и сооружениями					26 308 369		255 945 491,1
	Приказ Минстроя России от 25 мая 2021 г. №325/пр (прил.3, п.10.1)	Производство работ в зимнее время (2,57%)					676 125,1		6 577 799,122
		Итого с зимним удорожанием					26 984 494		262 523 290,2
	Приказ Минстроя России от 4 августа №421/пр (п.179)	Непредвиденные затраты (10%)					2 698 449		26 252 329,02
		Итого с непредвиденными затратами					29 682 943		288 775 619,3
	НК РФ	НДС (20%)					5 936 589		57 755 123,85
		ВСЕГО ПО СМЕТЕ					35 619 532		**346 530 743,1**

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Строительные конструкции и управляемые системы

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Деордиев
подпись инициалы, фамилия
« ____ » 06 2023 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»
код и наименование специальности

Пассажирский терминал аэропорта
тема
г. Иркутск

Пояснительная записка

Руководитель 23.06.2023 доцент, к.т.н. Н.Н. Лех
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник 23.06.2023 Д.Р. Шишкина
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2023 г.

Продолжение титульного листа **дипломного проекта** по теме _____

Пассажирский терминал аэропорта г. Иркутск

Консультанты по разделам:

Вариантное проектирование наименование раздела	3.04.2023 подпись, дата	Н.И. Лях инициалы, фамилия
Архитектурно-строительный наименование раздела	подпись, дата	Е.М. Сергунина инициалы, фамилия
Расчетно-конструктивный включая фундаменты наименование раздела	подпись, дата	О.М. Преснов инициалы, фамилия
	30.05.2023 подпись, дата	Н.И. Лях инициалы, фамилия
Организация строительства наименование раздела	подпись, дата	В.Н. Шамшонкина инициалы, фамилия
Технология строительного производства наименование раздела	подпись, дата	В.Н. Шамшонкина инициалы, фамилия
Экономика строительства наименование раздела	16.06.2023 подпись, дата	И.А. Сенно инициалы, фамилия

Нормоконтролер	23.06.2023 подпись, дата	Н.И. Лях инициалы, фамилия