

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ  
Строительные конструкции и управляемые системы

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

С.В. Деордиев

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ »

\_\_\_\_\_ 2021 г.

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

код и наименование специальности

Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом

тема

Пояснительная записка

Руководитель \_\_\_\_\_ Доцент каф. СКиУС, к.т.н. А.В. Максимов  
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ А.Н. Левченко  
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2021

Продолжение титульного листа **дипломного проекта** по теме \_\_\_\_\_  
Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом

Консультанты по разделам:

Вариантное проектирование

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.В. Максимов

инициалы, фамилия

Архитектурно-строительный

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.М. Сергуничева

инициалы, фамилия

Расчетно-конструктивный

включая фундаменты

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.В. Максимов

инициалы, фамилия

- \_\_\_\_\_

подпись, дата

О.М. Преснов

инициалы, фамилия

Организация строительства

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Н.Ю. Клиндух

инициалы, фамилия

Технология строительного

производства

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Н.Ю. Клиндух

инициалы, фамилия

Экономика строительства

наименование раздела

\_\_\_\_\_

подпись, дата

С.А. Хиревич

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.В. Максимов

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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

в форме \_\_\_\_\_ дипломного проекта \_\_\_\_\_

Красноярск 2021

Студенту \_\_\_\_\_ Левченко Алле Николаевне \_\_\_\_\_

фамилия, имя, отчество

Группа СС15-12 \_\_\_\_\_ Направление (профиль) 08.05.01 \_\_\_\_\_  
(номер) (код)

«Строительство уникальных зданий сооружений»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом

Утверждена приказом по университету № 4474/с от 01.04.2021г.

Руководитель ВКР А.В. Максимов к.т.н. доцент каф. СКиУс ИСИ СФУ \_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия должность, ученое звание и место работы

### **Исходные данные для ВКР**

Характеристика района строительства и строительной площадки  
г. Чита, температура наиболее холодной пятидневки -39°C, снеговой район I,  
ветровой район II

### **Задания по разделам ВКР в виде проекта**

#### **Вариантное проектирование (1 лист)**

Сравнить 2 варианта конструктивной схемы покрытия

#### **Архитектурно-строительный раздел**

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций, экспликация помещений  
1-го этажа, ПЗ к разделу согласно постановлению 87 РФ

- графический материал (2 листа) План первого этажа, план кровли,  
разрез, фасад, узлы, экспликация полов, спецификации заполнения оконных и  
дверных проемов

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**

Выполнить расчет пространственной схемы сооружения, произвести подбор  
элементов, запроектировать узлы ферм, запроектировать опорный узел главной  
фермы с колонной и т.д.

*графический материал (чертежи КЖ, КМ, КМД, КД)-6 листов* схема

расположения конструкций покрытия; вид А конструкций покрытия, колонн и перекрытий; ферма Фм-1; Ферма Ф-20; узлы и т.д.

Консультант ВКР по конструкциям А.В. Максимов, к.т.н., доц. каф. СКиУС  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

### **Фундаменты**

Разработать фундамент под трибунные конструкции в вариантах мелкого заложения и свайном. Выполнить сравнение вариантов \_\_\_\_\_

- *графический материал (1 лист)* Фрагмент схемы расположения фундаментов, план фундамента и разрезы, чертежи арматурных сеток

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**

Разработать ТК на устройство монолитной плиты перекрытия \_\_\_\_\_

- *графический материал (1-2 листа)* схема производства работ, график производства работ, схемы монтажа, схемы строповки, калькуляция затрат труда и машинного времени, ТЭП и т.д.

Консультант ВКР Н.Ю. Клиндух, к.т.н. доцент каф. СМиТС  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

### **Организация строительного производства**

Календарный план производства работ на период возведения надземной части, объектный строительный генеральный план на основной период возведения надземной части здания, расчет опасных зон, складов и др.

- *графический материал (2 листа)* Календарный план производства работ на период возведения надземной части, ТЭП, объектный строительный генеральный план на период возведения надземной части здания

Консультант ВКР Н.Ю. Клиндух, к.т.н. доцент каф. СМиТС  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

### **Экономика строительства**

Социально-экономическое обоснование строительства объекта, локальный сметный расчет на возведение конструкций покрытия, технико-экономические показатели \_\_\_\_\_

Консультант ВКР С.А. Хиревич, к.т.н, доцент каф. ПЗиЭН  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

**Дополнительные разделы**

---

---

---

**Минимальное количество листов графического материала -13-14**

**КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**  
выполнения ВКР

<b>Наименование раздела</b>	<b>Срок выполнения</b>
Вариантное проектирование	31.01-14.02
Архитектурно-строительный	15.02-07.03
Расчетно-конструктивный, включая фундаменты	08.03-18.04
Технология строительного производства	19.04-06.05
Организация строительного производства	07.05-31.05
Экономика строительства	31.05-07.06

Руководитель ВКР

А.В. Максимов  
(инициалы и фамилия, подпись)

Задание принял к исполнению

А.Н. Левченко  
(подпись, инициалы и фамилия студента)

« 31 » января 2021 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом» в г. Чите содержит 147 страниц текстового документа, 4 приложения, 31 использованных источников, 14 листов графической части.

Ключевые слова: СТРОИТЕЛЬСТВО, СТАДИОН, ФУТБОЛЬНЫЙ СТАДИОН, МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ФЕРМА, СТРОИТЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА.

Вид строительства – новое строительство.

Объект проектирования – открытый футбольный стадиона со смешанным каркасом.

Цель разработки проекта – запроектировать футбольный стадион с соблюдением всех строительных, санитарных, противопожарных норм.

Задачи дипломного проектирования:

- систематизация, закрепление, расширение полученных теоретических и практических навыков по специальности;
- подтвердить навыки решения инженерно-строительных задач;
- показать подготовленность к практической работе в условиях современного строительства.

В результате расчета были определены наиболее оптимальные конструктивные и архитектурные решения, которые позволили добиться желаемого результата.

В итоге был разработан проект, в результате которого будет введен новый футбольный стадион.

Проект здания повышает архитектурную выразительность города.

Продолжительность строительства составит 701,2 дня.

В ходе дипломного проекта были произведены:

- теплотехнические расчеты ограждающих конструкций;
- расчет металлической фермы, подбор элементов, расчет опорного узла, расчет узлов ферм, железобетонных колонн, плит перекрытия;
- сравнение двух вариантов фундаментов: плитный и свайный;
- выполнена технологическая карта на устройство монолитного железобетонного перекрытия;
- разработан строительный генеральный план на основной период строительства и календарный план на весь период строительства.

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Вариантное проектирование. Описание и оценка вариантов конструкции покрытия.....	4
1.1. Вариант 1 – ферма с треугольной решеткой и стойками .....	4
1.2. Вариант 2 – усиленная ферма.....	8
1.3. Окончательный выбор варианта покрытия .....	11
2. Архитектурно-строительный раздел.....	14
2.1. Описание и обоснование внешнего и внутреннего вида объекта капитального строительства, планировочной и функциональной организации .....	14
2.2. Обоснование принятых объемно-пространственных и архитектурно-художественных решений, в том числе в части соблюдения предельных параметров разрешенного строительства объекта капитального строительства.....	15
2.3. Описание и обоснование использованных композиционных приемов при оформлении фасадов и интерьеров объекта капитального строительства	17
2.4. Описание решений по отделке помещений основного, вспомогательного, обслуживающего и технического назначения .....	17
2.5. Описание архитектурных решений, обеспечивающих естественное освещение помещений с пребыванием людей.....	18
2.6. Описание архитектурно-строительных мероприятий, обеспечивающих защиту помещений от шума, вибрации и другого воздействия.....	18
2.7. Описание решений по декоративно-художественной и цветовой отделке интерьеров - для объектов непроизводственного назначения .....	19
3. Расчетно-конструктивный раздел .....	20
3.1. Исходные данные.....	20
3.2. Описание и обоснование конструктивных решений зданий и сооружений, включая их пространственные схемы, принятые при выполнении расчетов строительных конструкций.....	20
3.3. Описание и обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность, устойчивость, пространственную неизменяемость	

					<b>ДП-08.05.01-2021 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Левченко А.Н.</i>			<i>Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом</i>	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
							2	147
<i>Проверил</i>		<i>Максимов А.В.</i>				<b>СКУС</b>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Максимов А.В.</i>						
<i>Зав.каф.</i>		<i>Деордиев С.В.</i>						



зданий и сооружений объекта капитального строительства в целом, а также их отдельных конструктивных элементов, узлов, деталей в процессе изготовления, перевозки, строительства и эксплуатации объекта капитального строительства .....	22
3.4. Расчет конструкции здания .....	22
3.4.1. Сбор постоянных и полезных нагрузок на навес кровли .....	22
3.4.2. Расчет временных климатических нагрузок .....	23
3.4.2.1. Снеговая нагрузка .....	23
3.4.2.2. Ветровая нагрузка .....	25
3.4.3. Расчет несущих элементов здания .....	34
3.4.4. Сочетания нагрузок и расчетные сочетания усилий.....	38
3.4.5. Результаты расчета .....	38
3.4.6. Подбор сечений металлических элементов каркаса .....	41
3.5. Конструктивный расчет.....	43
3.5.1. Проверка сечения поясов фермы .....	43
3.5.2. Проверка раскосов наиболее загруженной фермы .....	45
3.5.3. Расчет подстропильной фермы .....	47
3.6. Армирование колонн .....	49
3.7. Расчет узлов .....	51
3.7.1. Узел 1.....	51
3.7.2. Узел 2.....	56
3.7.3. Узел 3.....	57
3.7.4. Узел 4.....	60
3.7.5. Узел 5.....	61
3.7.6. Узел 6.....	63
4. Расчет фундаментов .....	69
4.1. Исходные данные.....	69
4.2. Расчет столбчатого фундамента под колонну фермы.....	71
4.2.1. Определение глубины заложения фундамента .....	71
4.2.2. Определение предварительных размеров подошвы фундамента	72
4.2.3. Определение расчетного сопротивления грунта основания. Уточнение размеров подошвы фундамента.....	72

4.2.4.	Проверка соблюдения условий расчета основания по деформациям .....	74
4.2.5.	Определение средней осадки фундамента и проверка соблюдения основного условия расчета по деформациям.....	75
4.3.	Конструирование столбчатого фундамента .....	76
4.3.1.	Расчет плиты фундамента на продавливание.....	77
4.3.2.	Расчет арматуры плитной части фундамента.....	78
4.4.	Проектирование свайного фундамента .....	81
4.4.1.	Назначение вида сваи и ее параметров.....	81
4.4.2.	Определение несущей способности забивной сваи и количество свай ф фундаменте .....	81
4.4.3.	Определение количества свай в фундаменте и эскизное проектирование ростверка .....	82
4.4.4.	Расчет свайного фундамента по несущей способности основания	83
4.4.5.	Расчет плиты ростверка на продавливание колонной .....	84
4.4.6.	Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей.....	84
4.4.7.	Расчет арматуры плитной части фундамента.....	85
4.4.8.	Выбор сваебойного оборудования. Назначение расчетного отказа	86
4.5.	Технико-экономическое сравнение вариантов.....	87
4.6.	Проектирование свайного фундамента под колонну каркаса .....	89
4.6.1.	Назначение вида сваи и ее параметров.....	89
4.6.2.	Определение несущей способности забивной сваи и количество свай ф фундаменте .....	89
4.6.3.	Определение количества свай в фундаменте и эскизное проектирование ростверка .....	90
4.6.4.	Расчет свайного фундамента по несущей способности основания	92
4.6.5.	Расчет плиты ростверка на продавливание колонной .....	92
4.6.6.	Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей.....	93
4.6.7.	Расчет арматуры плитной части фундамента.....	93
4.6.8.	Выбор сваебойного оборудования. Назначение расчетного отказа	95
5.	Технологическая карта на устройство монолитного перекрытия Пм-1 ..	96

					ДП-08.05.01-2021	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5.1.	Область применения .....	96
5.2.	Общие положения .....	96
5.2.1.	Организация и технология выполнения работ .....	96
5.2.2.	Подбор крана по техническим параметрам .....	100
5.2.3.	Требования к качеству работ .....	101
5.2.4.	Потребность в материально-технических ресурсах .....	108
5.2.5.	Техника безопасности и охрана труда .....	110
5.2.6.	Технико-экономические показатели .....	113
6.	Организация строительного производства .....	115
6.1.	Проектирование строительного генерального плана .....	115
6.2.	Подбор крана для монтажа .....	115
6.3.	Определение зон действия крана .....	115
6.4.	Временные дороги .....	116
6.5.	Проектирование складов .....	116
6.6.	Потребность в основных строительных машинах и механизмах .....	117
6.7.	Расчет временных зданий на строительной площадке .....	118
6.8.	Электроснабжение строительной площадки .....	120
6.9.	Водоснабжение строительной площадки .....	121
6.10.	Проектирование временного теплоснабжения .....	122
6.11.	Расчет потребности в сжатом воздухе, кислороде и ацетилене .....	123
6.12.	Описание проектных решений и мероприятий по охране окружающей среды в период строительства .....	124
6.13.	Продолжительность строительства .....	124
7.	Экономический раздел .....	126
7.1.	Социально-экономическое обоснование строительства открытого футбольного стадиона со смешанным каркасом в г. Чите .....	126
7.2.	Определение сметной стоимости устройства монолитного перекрытия Пм-1 .....	129
7.3.	Технико-экономические показатели .....	131
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....		133
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....		136
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....		139
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....		141
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В качестве объекта для дипломного проектирования был рассмотрен футбольный стадион с конструкцией перекрытия стадиона, состоящей из четырех ферм.

Целью дипломного проекта является разработка проектно-сметной документации на возведение надземной части здания и определение рентабельности проекта. Для достижения данной цели необходимо провести исследования: рассмотреть наиболее подходящие варианты конструктивных схем большепролетных зданий; определиться с объемно-планировочными решениями и эстетическим видом объекта (для наглядности выполняется разработка графической части с применением программы AutoCAD); осуществить выбор и расчет несущих конструкций (выполняется с применением программного комплекса SCAD); рассмотреть варианты подходящих фундаментов; подобрать наиболее подходящий метод осуществления строительства; наиболее эффективно организовать строительное производство; осуществить экономические расчеты и др. Данные исследования были выполнены непосредственно в соответствующих разделах дипломного проекта.

					ДП-08.05.01-2021	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1. Вариантное проектирование. Описание и оценка вариантов конструкции покрытия

В рамках выполнения раздела «вариантное проектирование» выпускной квалификационной работы рассмотрим варианты конструкции покрытия над игровым полем футбольного стадиона.

Пространство над полем имеет размеры 105x68 метров.

При выборе конструкции покрытия в данном проекте, целью было добиться:

- органичного единства конструкции и архитектурной формы;
- выразительного архитектурного решения внутреннего пространства и сооружения в целом;
- существенного облегчения массы покрытия, повышение за счет этого эффективности работы конструкции на полезные нагрузки.

Произведем выбор наиболее подходящей решетки фермы путем сравнения вариантов:

- Вариант 1 – треугольная решетка со стойками;
- Вариант 2 – треугольная решетка со стойками, а также с дополнительным усилением в виде раскосов, в центре арки.

### 1.1. Вариант 1 – ферма с треугольной решеткой и стойками

Покрытие над трибунами представляет собой четыре трехгранные фермы, с линзообразным поясом, пролетом 180 и 240 метров.

Создадим пространственную расчетную схему данного варианта в ПК SCAD.

Сечения примем следующие:

- нижний пояс больших ферм: круглая труба 530x5 по ГОСТ 10704-91;
- нижний пояс малых ферм: круглая труба 478x5.5 по ГОСТ 10704-91;
- верхний пояс малых ферм: круглая труба 1420x17 по ГОСТ 10704-91;
- верхний пояс больших ферм: круглая труба 1420x17 по ГОСТ 10704-91;
- связи по нижним поясам: круглая труба 377x4 по ГОСТ 10704-91;
- раскосы больших ферм: круглая труба 630x7 по ГОСТ 10704-91;
- раскосы малых ферм: круглая труба 530x8 по ГОСТ 10704-91;
- стойки ферм: круглая труба 530x5.5 по ГОСТ 10704-91;
- балки покрытия;
- стойки и связи покрытия.

Расчетная схема 1-го варианта представлена на рисунке 1.1.1, решетка схемы – на рисунке 1.1.2.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП-08.05.01-2021

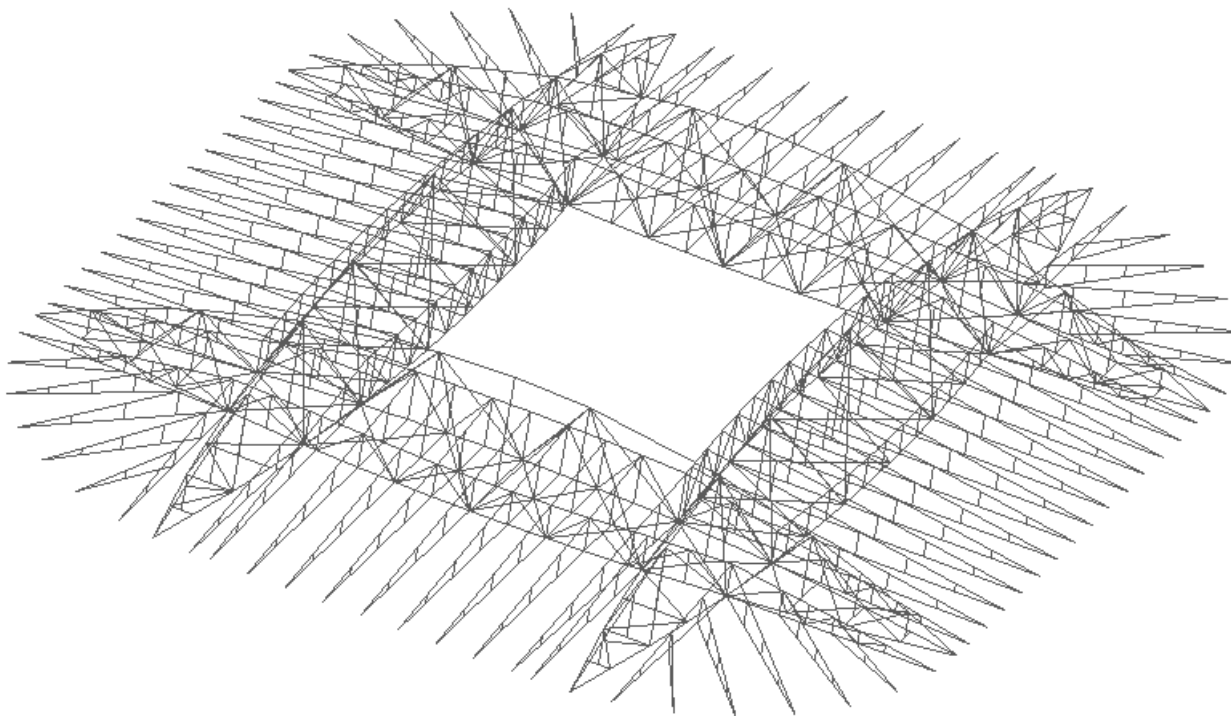


Рисунок 1.1.1 – Расчетная схема 1-го варианта

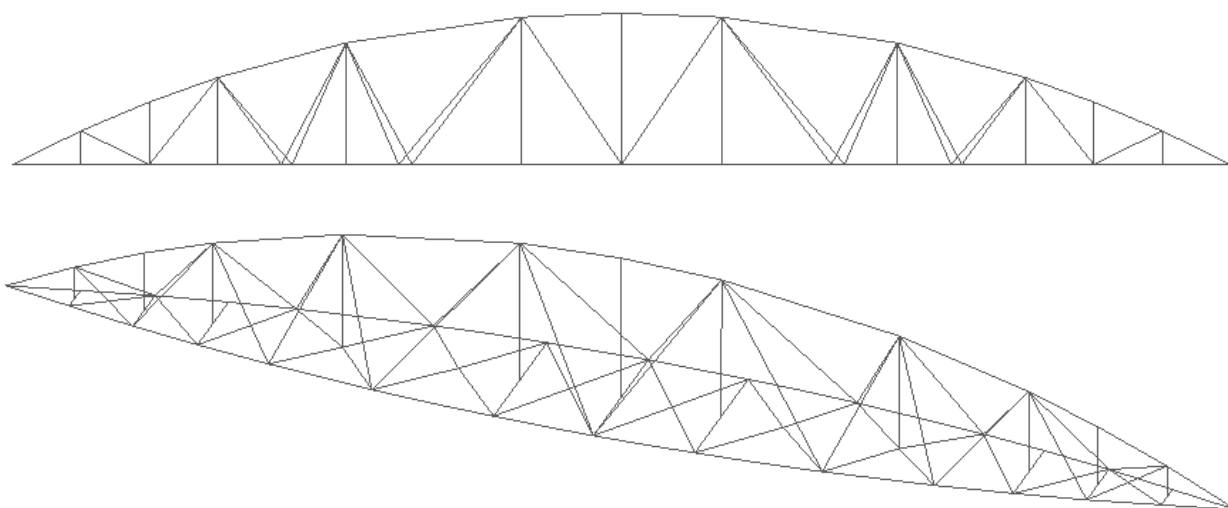


Рисунок 1.1.2 – Решетка фермы 1-го варианта

Результаты расчета:

Деформированная схема от собственного веса представлена на рисунке 1.1.3, перемещения всей схемы на рисунке 1.1.4, перемещения ферм на рисунке 1.1.5.

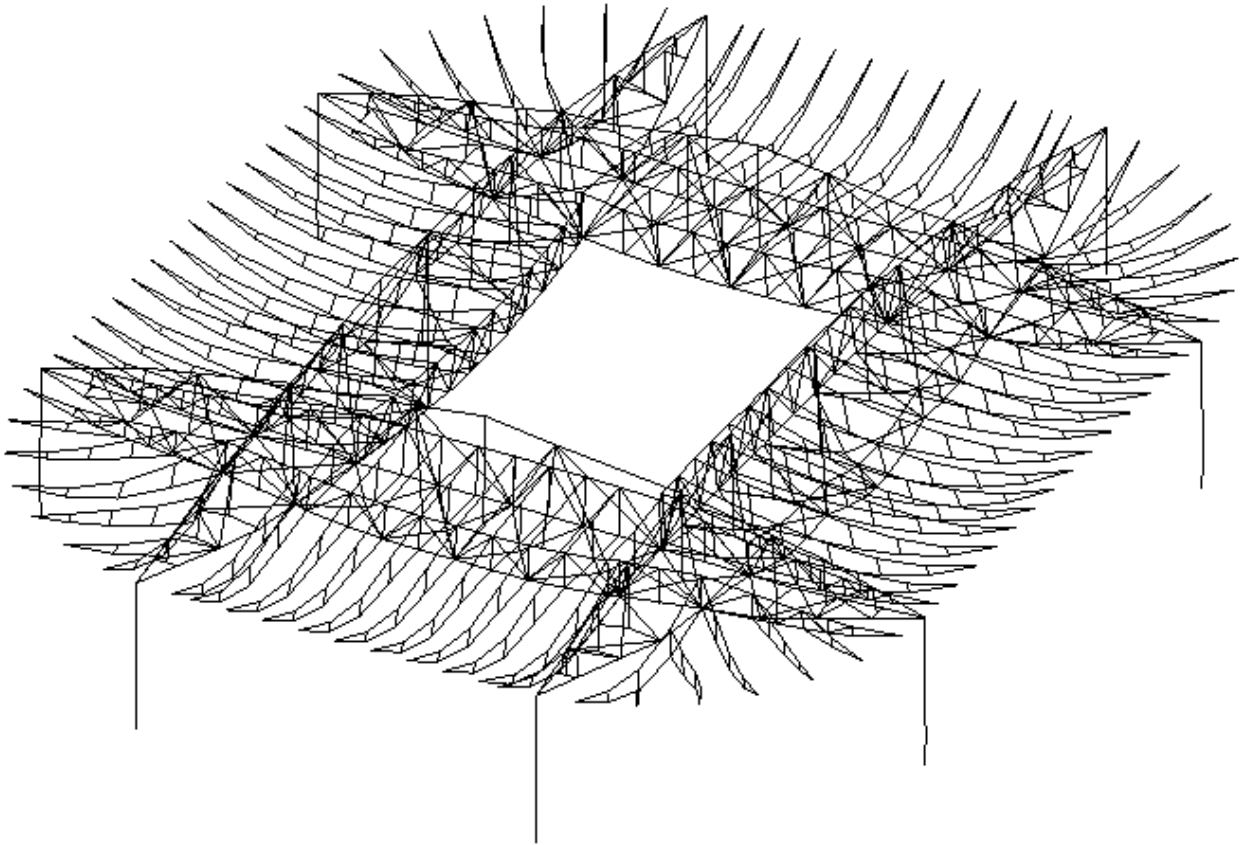


Рисунок 1.1.3 – Деформированная схема

X						Y					
		MM	MM				MM	MM			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-40	-20	48	■	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-33	-15	59	■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-20	6e-003	508	■	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-15	3	764	■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6e-003	20	400	■	<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	21	168	■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	20	40	47	■	<input checked="" type="checkbox"/>	■	21	39	12	■

Z					
		MM	MM		
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-219	-164	22	■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-164	-110	530	■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-110	-55	297	■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-55	0	174	■









Рисунок 1.1.4 – Перемещения всей схемы по X, Y, Z, мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

9

X					Y				
		MM	MM			MM	MM		
<input checked="" type="checkbox"/>		-40	-20	4	<input checked="" type="checkbox"/>		-17	-9	21
<input checked="" type="checkbox"/>		-20	6e-003	139	<input checked="" type="checkbox"/>		-9	-3e-002	121
<input checked="" type="checkbox"/>		6e-003	20	129	<input checked="" type="checkbox"/>		-3e-002	9	116
<input checked="" type="checkbox"/>		20	40	4	<input checked="" type="checkbox"/>		9	17	18





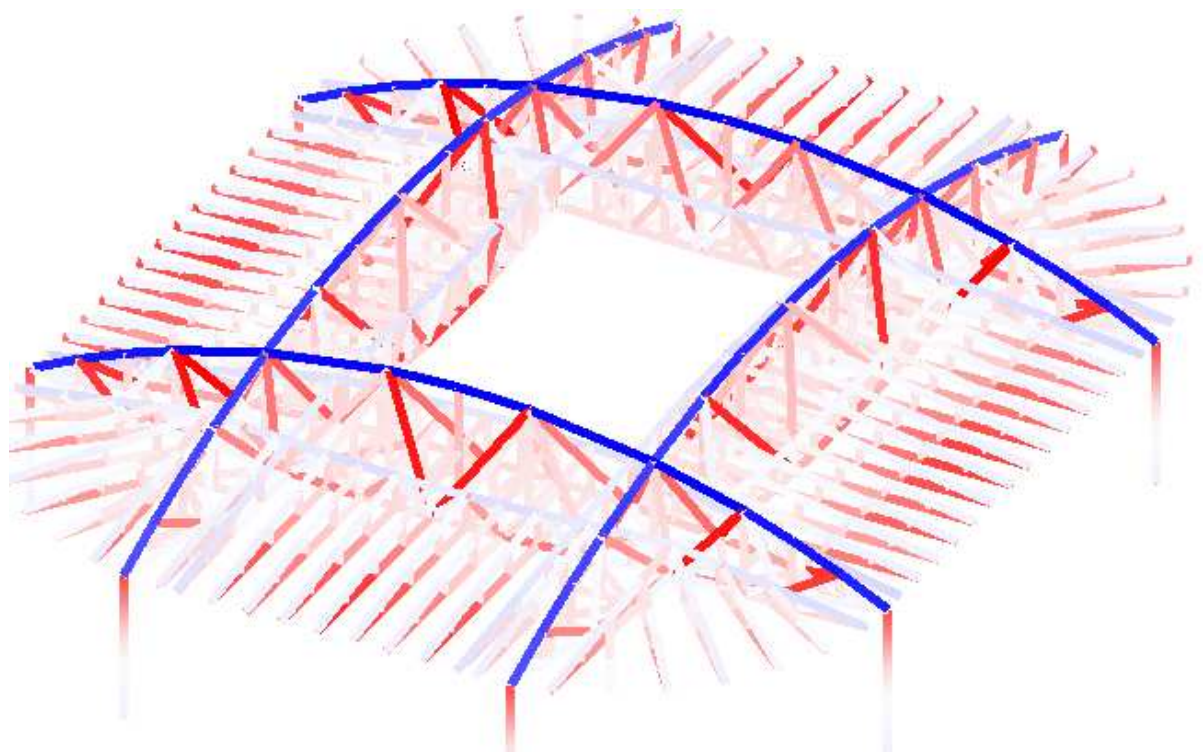
Z				
		MM	MM	
<input checked="" type="checkbox"/>		-219	-164	10
<input checked="" type="checkbox"/>		-164	-110	139
<input checked="" type="checkbox"/>		-110	-55	79
<input checked="" type="checkbox"/>		-55	0	48

Рисунок 1.1.5 – Перемещения ферм по X, Y, Z, мм.

Максимальные продольные усилия N показаны на рисунке 1.1.6.









N					
		T	T		
<input checked="" type="checkbox"/>		-709,387	-7,611	669	
<input checked="" type="checkbox"/>		-7,611	7,611	939	
<input checked="" type="checkbox"/>		7,611	51,728	395	

Рисунок 1.1.6 – Максимальные продольные усилия



Коэффициент использования сечений представлены на рисунке 1.1.7.

Критический фактор $K_{max}$				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,043	0,957	534 <input type="checkbox"/>

Рисунок 1.1.7 – Коэффициент использования сечения ферм

## 1.2. Вариант 2 – усиленная ферма

Расчетная схема 2-го варианта представлена на рисунке 1.2.1, решетка схемы – на рисунке 1.2.2.

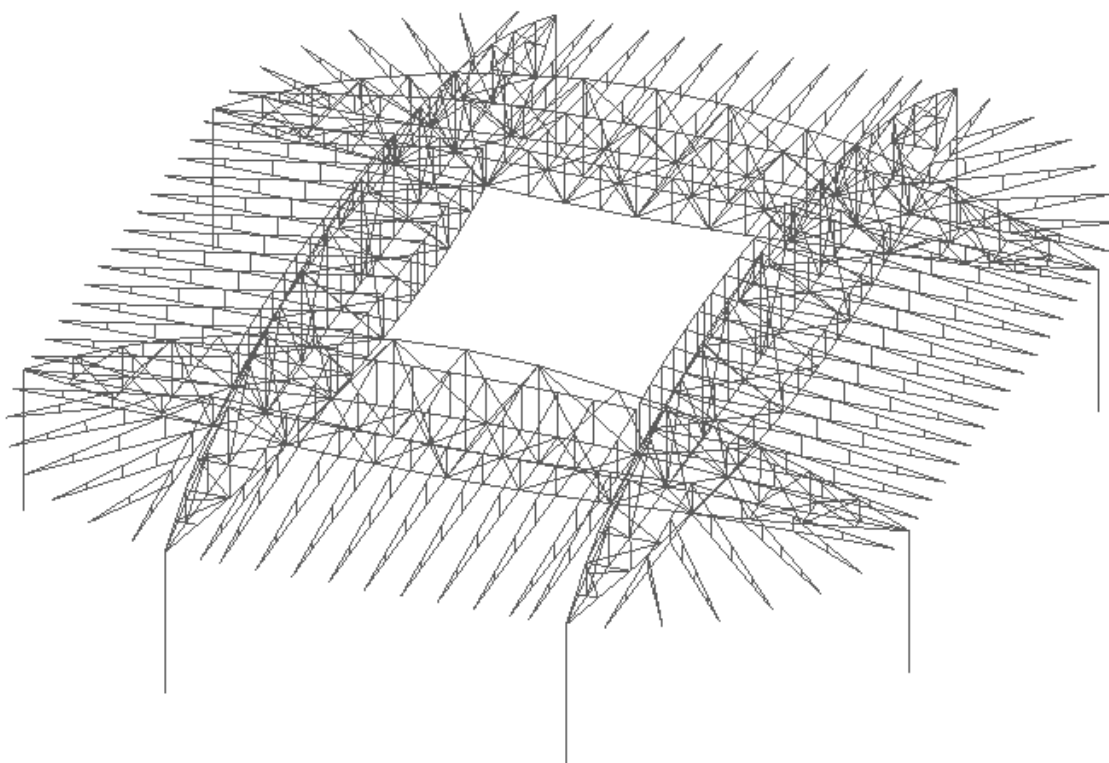


Рисунок 1.2.1 – Расчетная схема 2-го варианта

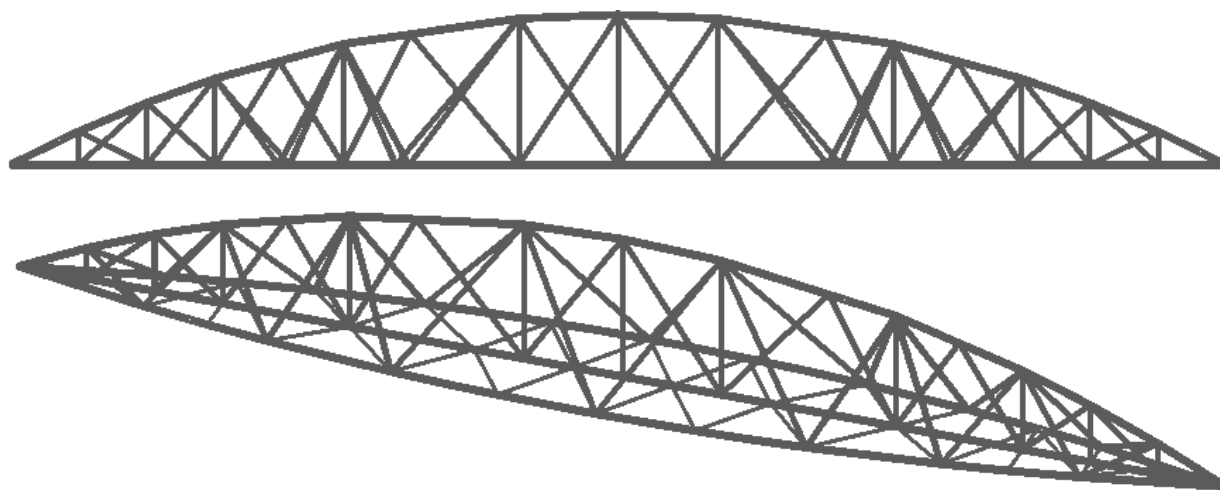


Рисунок 1.2.2 – Решетка фермы 2-го варианта

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

11

Результаты расчета:

Деформированная схема от собственного веса представлена на рисунке 1.2.3, перемещения всей схемы на рисунке 1.2.4, перемещения ферм на рисунке 1.2.5.

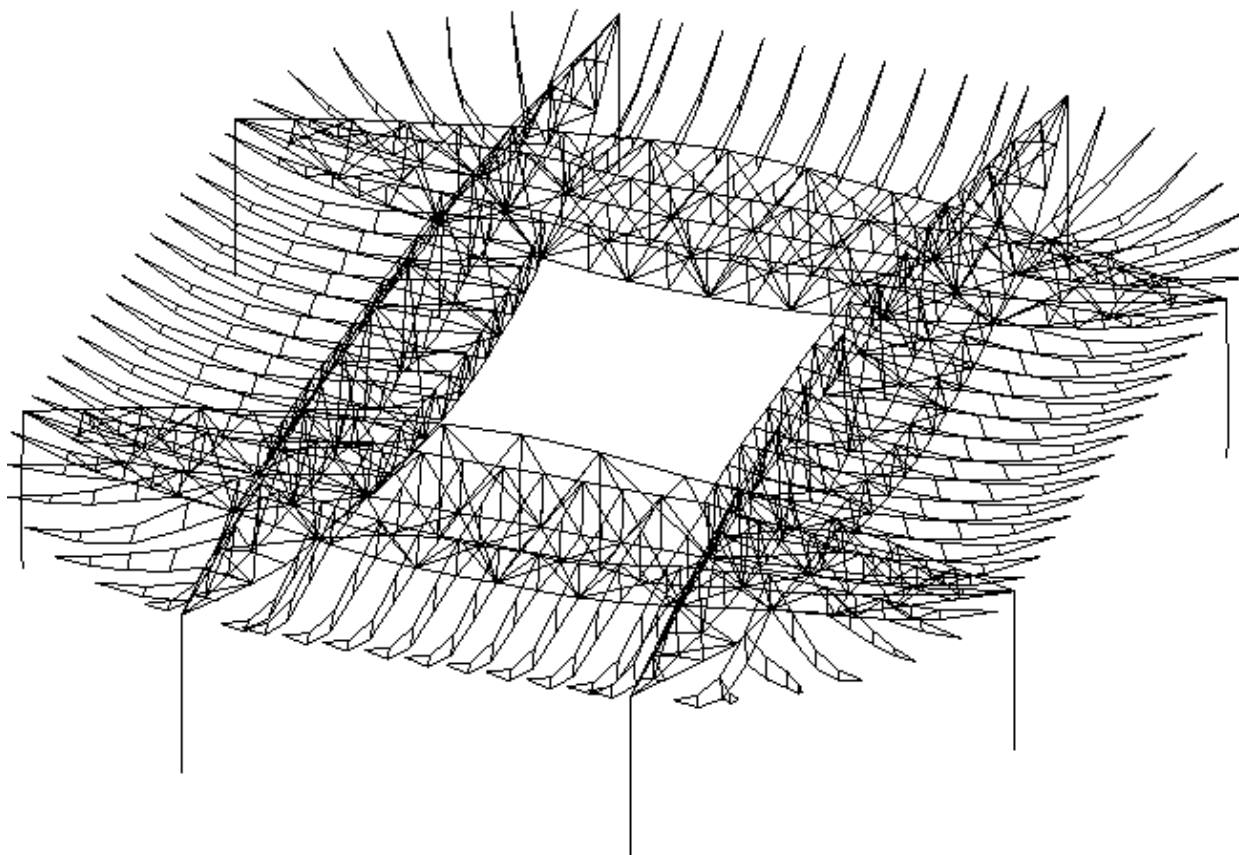


Рисунок 1.2.3 – Деформированная схема 2-го варианта

X					Y				
		ММ	ММ			ММ	ММ		
<input checked="" type="checkbox"/>		-26	-13	98	<input checked="" type="checkbox"/>		-33	-15	78
<input checked="" type="checkbox"/>		-13	4e-003	488	<input checked="" type="checkbox"/>		-15	3	796
<input checked="" type="checkbox"/>		4e-003	13	368	<input checked="" type="checkbox"/>		3	21	158
<input checked="" type="checkbox"/>		13	26	97	<input checked="" type="checkbox"/>		21	39	19

Z				
		ММ	ММ	
<input checked="" type="checkbox"/>		-189	-142	317
<input checked="" type="checkbox"/>		-142	-95	380
<input checked="" type="checkbox"/>		-95	-47	204
<input checked="" type="checkbox"/>		-47	0	150

Рисунок 1.2.4 – Перемещение всей схемы по X, Y, Z, мм.

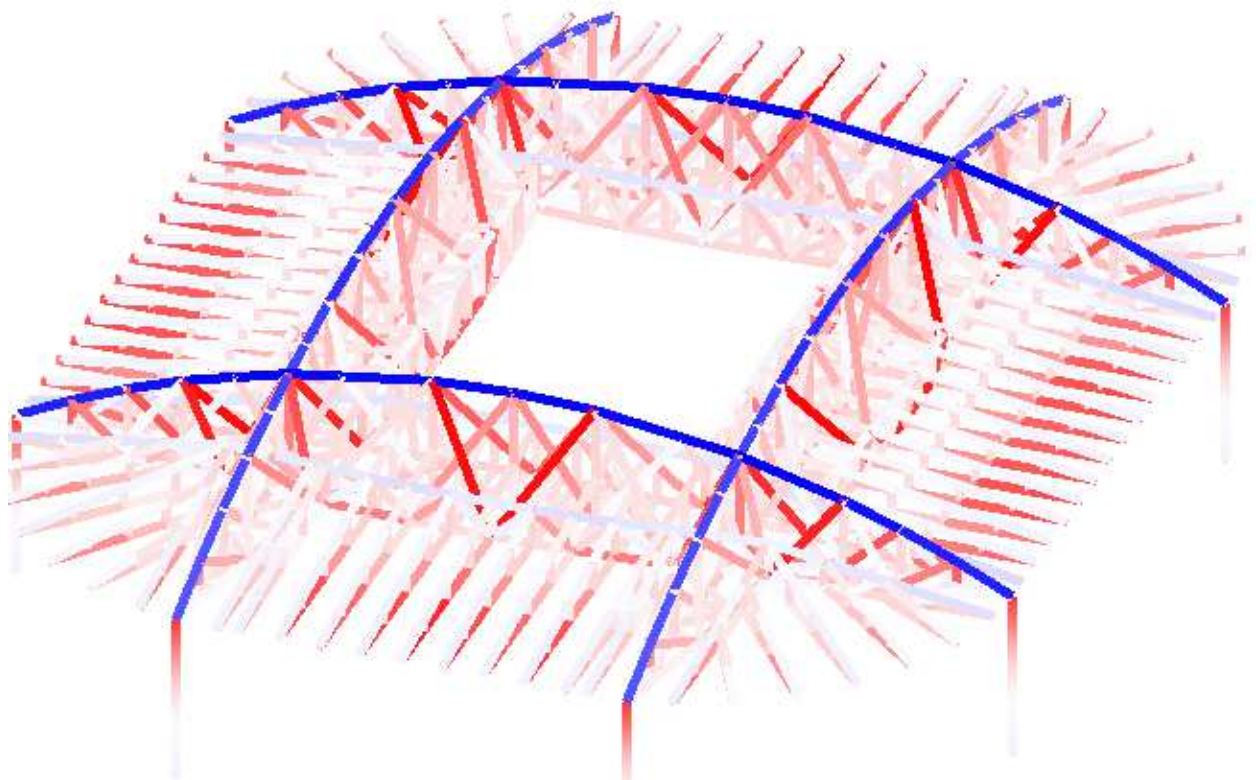
X					Y				
		MM	MM			MM	MM		
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-21	-11	25	■				■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-11	1e-002	135	■				■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1e-002	11	123	■				■
<input checked="" type="checkbox"/>	■	11	21	23	■				■

Z				
		MM	MM	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-189	-142	93
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-142	-95	121
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-95	-47	52
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-47	0	40

Рисунок 1.2.5 – Перемещение ферм

Максимальные продольные усилия N показаны на рисунке 1.2.6.



N				
		T	T	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-798,141	-8,409	677
<input checked="" type="checkbox"/>	□	-8,409	8,409	1062
<input checked="" type="checkbox"/>	■	8,409	42,785	426

Рисунок 1.2.6 – Максимальные продольные усилия

Коэффициент использования сечений представлены на рисунке 1.2.7.

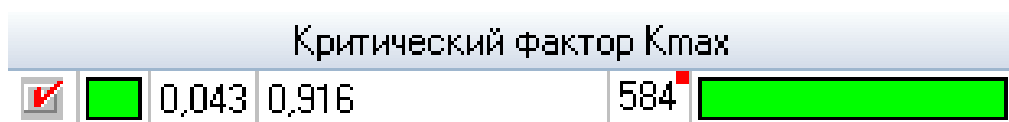


Рисунок 1.2.7 – Коэффициент использования сечения ферм

### 1.3. Окончательный выбор варианта покрытия

Для того, чтобы сделать окончательный выбор, проведем оценку вариантов, исходя из следующих требований:

#### 1. Эксплуатационные и архитектурные требования.

Наибольшую архитектурную выразительность фасад приобретает без усиленных ферм, так как в данном варианте появляется больше «воздуха» в самой конструкции, от чего ее вес не будет «давить» на зрителей.

Наибольшую трудоемкость в эксплуатации, также, будет иметь усиленная ферма. Множество раскосов и сложных узлов сопряжения будут препятствовать осмотру конструкции, своевременному выявлению коррозии, а также затруднять покрытие конструкции защитными составами.

#### 2. Перемещения.

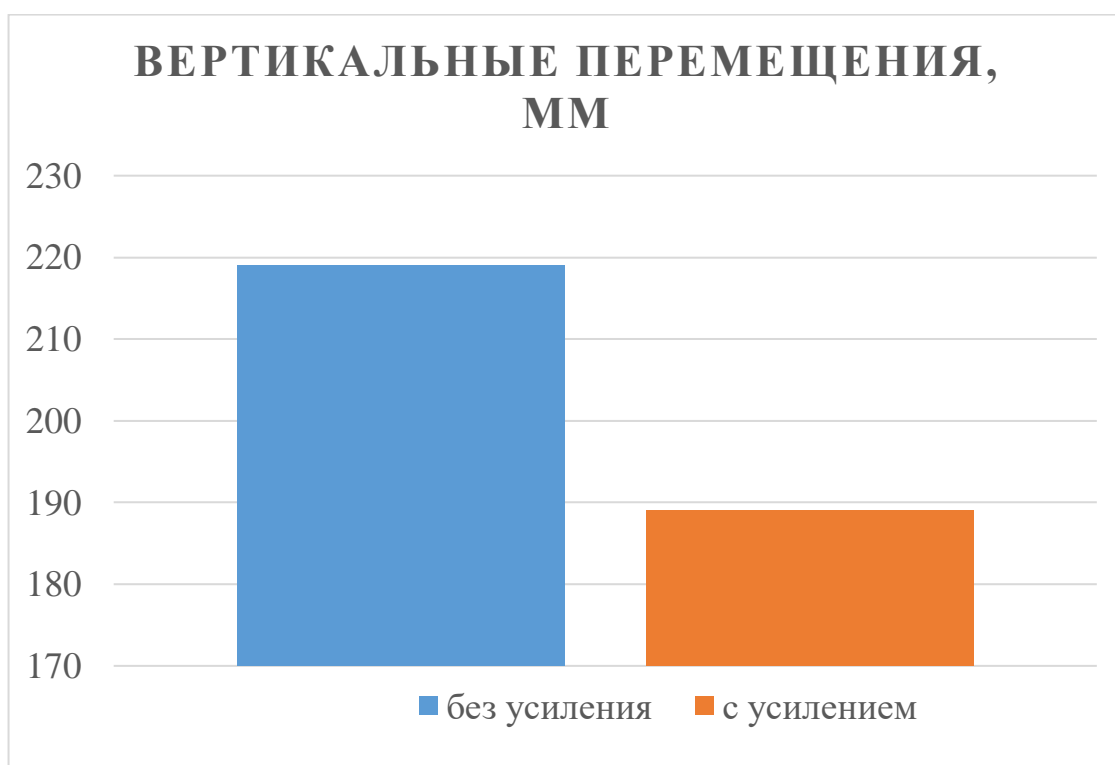


Рисунок 1.3.1 – Вертикальные перемещения конструкции, мм

Проанализировав перемещения, мы видим, что без усиления ферм, перемещения превосходят на 15%, нежели с усилением.

### 3. Максимальные продольные усилия



Рисунок 1.3.2 – Максимальные продольные усилия

Проанализировав максимальные продольные усилия, мы видим, что в 1-м варианте усилия получились меньше, нежели во 2-м на 12%.

### 4. Изготовление и монтаж.

Примерно одинаковыми показателями, в данном вопросе, обладают оба варианта. В обоих случаях участки фермы изготавливаются на заводе, а собирают и монтируют уже непосредственно на самом объекте.

Наиболее трудоемкой, в плане монтажа, является ферма с усилением.

### 5. Выводы.

В результате проведенного анализа и на основании вышеизложенных факторов, можно сделать следующие выводы: по наибольшему числу показателей лидирует ферма без усиления несмотря на то, что данная конструкция обладает наибольшими перемещениями в пролете. По остальным показателям конструкция занимает лидирующие позиции: имеет наименьший вес, экономичнее и менее трудоемка в процессе монтажа, а также хорошо вписывается в архитектурный облик стадиона.

Окончательно принимаем первый вариант фермы без усиления, для дальнейшего проектирования.

## 2. Архитектурно-строительный раздел

### 2.1. Описание и обоснование внешнего и внутреннего вида объекта капитального строительства, планировочной и функциональной организации

Проектируемый стадион будет расположен в Железнодорожном районе г. Читы, вблизи микрорайона Полевой.

Расположение участка, на котором будет возведен объект приведено на рисунке 2.1.

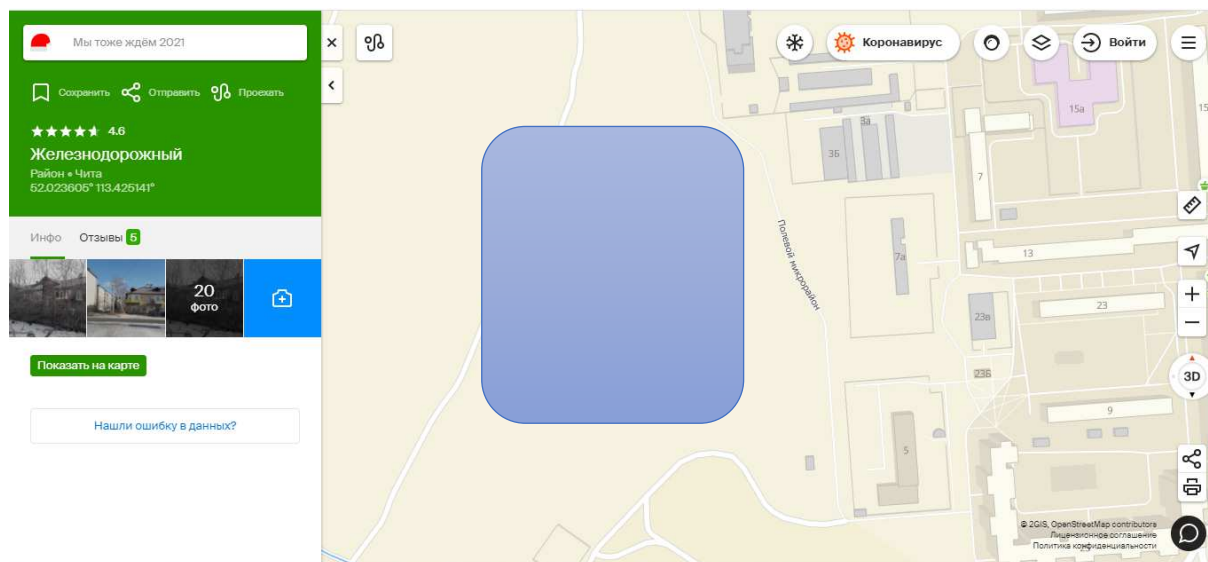


Рисунок 2.1 – Ситуационный план

Объект представляет собой футбольный спортивный стадион, предназначенный для проведения региональных, всероссийских, а также возможно проведение Лиги чемпионов УЕФА и Лиги Европы УЕФА.

Ядром сооружения является футбольное поле 105x68 м со зрительскими трибунами на 45000 мест.

Стадион состоит из двух независимых друг от друга частей: покрытия из ферм, а также трибунных и подтрибунных конструкций.

В зависимости от функционального назначения помещения могут быть разделены на: обслуживающие, вспомогательные, технические и коммуникационные.

Обслуживающие: гардероб, вестибюль, раздевалки, буфет, санитарные узлы, душевые, помещения уборочного инвентаря.

Вспомогательные: административные помещения, посты охраны, кабинеты медицинской помощи, помещения для телекамер, а также для размещения комментаторов.

Коммуникационные помещения: лестницы, лифы, коридоры.

Для обеспечения оптимальных условий работы сооружения предусмотрено рассредоточение людских потоков в соответствии с надлежащими им функциональными требованиями.

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

Поток, состоящий преимущественно из спортсменов и их инструкторско-тренерского состава, размещается на первом этаже в блоке, отведенном под учебно-тренировочные занятия.

Главный, самый многочисленный поток, который следует рассредоточивать со спортивным – зрительский. Для зрителей предусмотрены вход в здание на первом этаже и выходы на трибуны, расположенные с первого по четвертые этажи. Подъем к выходам на трибуны, расположенным в уровне четвертого этажа, осуществляется по лестнице, а для людей с ограниченными физическими возможностями – с помощью лифтов.

Организаторы и модераторы соревнований располагаются в помещениях на первом этаже. Для них предусмотрены гардеробная, офисные помещения, конференц-зал.

Рабочие помещения для работников административного блока расположены на третьем этаже.

В здании предусмотрено 28 лифтов грузоподъемностью 1200 кг, скорость подъема – 1,5 м/с.

Входные блоки спроектированы с учетом условий аварийной эвакуации при пожаре, которая осуществляется через все доступные выходы. Полотна дверей всех помещений и ворот открываются наружу – по направлению движения и техники.

В связи с тем, что здание относится к объектам повышенной пожарной опасности, особое внимание уделяется мерам по предотвращению образования и действия очагов возгорания. Таким образом, помещения оборудуются устройствами пожароохранной сигнализации и огнетушители. В случае возникновения пламени используется приточно-вытяжная вентиляция для удаления отравляющих газов.

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

Все объемно-планировочные решения приняты в соответствии с нормативными документами, такими как:

- СП 285.13330.2016 Стадионы футбольные. Правила проектирования;

- СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*;

- СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений;

- СП 118.13330.2012 Общие здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009;

- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003;

- СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы;

								Лист
								17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

ДП-08.05.01-2021

– СП 59.13330.2016 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001;

– СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.

Основные показатели стадиона:

Объект строительства – открытый футбольный стадион;

Уровень ответственности – повышенный [9];

Степень огнестойкости – III [10];

Класс функциональной пожарной опасности – Ф2.1 – спортивные сооружения с трибунами [10];

Класс конструктивной пожарной опасности – С0 [10].

Проектируемый футбольный стадион представляет собой эллиптический в плане объем размером 223,42×183,42 м высотой в 4 этажа. Высота этажей – 9,0 м; 3,6 м; 6,75 м; 6,3 м.

Высоты этажей обусловлены расположением трибун.

Основными требованиями, предъявляемыми к проектируемому зданию стадиона, являются функциональность, надежность, безопасность и архитектурно-художественная выразительность.

За условную отметку +0,000 принят уровень пола первого этажа.

Основными несущими элементами каркаса являются железобетонные колонны и ригели. Конструкции покрытия выполняются из круглых металлических труб.

Наружные ограждающие конструкции выполняются из сэндвич-панелей толщиной 130 мм с ПИР утеплителем «Технониколь», перегородки выполняются из огнестойких ГКЛ «Кнауф» на металлическом каркасе.

По периметру фасада выполняется отмостка шириной 1200 мм с уклоном 4 градуса для защиты от влаги.

Покрытие выполняется из сотового поликарбоната толщиной 60 мм.

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

В основу архитектурного облика фасадов заложена их симметричность, а с использованием витражей у фасадов появляется ритм, создаваемый рамным каркасом витражных элементов.

Большое значение имеет цветовое решение фасадов. Поскольку именно цветовое решение предназначено выставить акцент на том или ином архитектурном элементе, способном подчеркнуть монументальность и в тоже время легкость конструкций здания.

Система вентилируемого фасада выполнена в градиентном переливе от алого к королевскому синему. Гармоничное сочетание придает зданию яркость и архитектурную выразительность.

Кровля выполнена из сотового поликарбоната белого и голубого цветов.

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021					



В качестве материалов отделки фасадов использовались различные материалы: система фасадов «Технониколь» с тонким штукатурным слоем, система неэксплуатируемой крыши по стальному профилированному настилу с кровельным ковром из сотового поликарбоната, панорамное остекление витражными системами «Сиал».

Теплотехнический расчет ограждающей конструкции приведен в приложении А.

Экспликация полов и спецификация заполнения дверных проемов приведены в приложении Б.

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

Внутренняя отделка помещений стадиона запроектирована в соответствии с функциональным назначением помещений.

Для помещений с постоянным пребыванием посетителей применяются материалы с высокими декоративными и эксплуатационными характеристиками.

Для отделки стен применяется окраска поверх декоративной штукатурки.

В помещениях вспомогательного и технического назначения штукатурка простая.

Во внутренней отделке помещений объекта использованы следующие виды декоративных покрытий:

- декоративная штукатурка;
- керамическая плитка;
- окраска.

В проекте предусмотрено устройство нескольких типов полов.

#### **2.5. Описание архитектурных решений, обеспечивающих естественное освещение помещений с пребыванием людей**

Естественное освещение – боковое и верхнее, осуществляется через оконные проемы и открытое пространство сверху стадиона.

Окна – открываемые поворотнo-откидные и глухие. Все помещения с постоянным пребыванием людей, при расположении у наружных стен зданий имеют оконные проемы.

Для освещения помещений, не прилегающих к наружным стенам предусмотрено локализованное размещение светильников общего освещения, обеспечивающее нормируемую освещенность.

Спецификация заполнения оконных проемов приведена в приложении Б.

					ДП-08.05.01-2021	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

При проектировании объекта снижение шума и вибрации на пути распространения достигается комплексом строительно-акустических мероприятий: архитектурно-планировочных и акустических.

Архитектурно-планировочные - планировка помещений и конструкций зданий, при которых источники шума максимально удалены от помещений с наименьшими допустимыми уровнями шума, и граничат с такими, где менее жесткие требования к допустимым уровням шума.

Акустические мероприятия - это вибро- и звукоизоляция оборудования, применение звукопоглощающих конструкций в помещениях с источниками шума, установка глушителей шума в системах вентиляции, применение малошумного оборудования и выбор правильного (расчетного) режима его работы, и другие.

Для обеспечения требуемой звукоизоляции наружного ограждения выбраны теплые витражные системы с воздушной прослойкой, что обеспечивает необходимые звукоизолирующие качества.

## **2.7. Описание решений по декоративно-художественной и цветовой отделке интерьеров - для объектов непроизводственного назначения**

Во внутренней отделке помещений используются материалы, отвечающие санитарно-гигиеническим, эстетическим и противопожарным требованиям. Стены и потолки административных помещений, выполнены в единой цветовой гамме. Инженерные коммуникации обшиты гипсокартонными листами ГКЛВО-А-ПК 2500·1200·9,5 ГОСТ 6266-97. Стены санузлов облицованы керамической плиткой.

					<i>ДП-08.05.01-2021</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

### **3. Расчетно-конструктивный раздел**

#### **3.1. Исходные данные**

Объект строительства – футбольный стадион;  
Место строительства – Забайкальский край, г. Чита;  
Снеговой район – I [карта 1, прил. Е, СП 20.13330.2016];  
Вес снегового покрова (нормативное значение) – 0,5 кПа [11, табл. 10.1];  
Ветровой район – II [карта 2, прил. Е, СП 20.13330.2016];  
Ветровое давление (нормативное значение) – 0,3 кПа [11, табл. 11.1];  
Сейсмичность района – 7 баллов.

#### **3.2. Описание и обоснование конструктивных решений зданий и сооружений, включая их пространственные схемы, принятые при выполнении расчетов строительных конструкций**

В рамках дипломного проекта, согласно индивидуальному заданию, необходимо выполнить расчет несущих конструкций смешанного каркаса (железобетон и металл) с разработкой следующих узлов:

1. Опорный узел фермы;
2. Монтажный стык сегментов фермы;
3. Узлы крепления раскосов и стоек к поясу фермы.

Конструктивные решения разработаны, опираясь на объемно-планировочную компоновку здания, а также учитываются решения, принятые в Архитектурном разделе данной пояснительной записки.

Статический расчёт здания произведён в программном комплексе SCAD Office версия 21.1. Модель принята из стержневых элементов различных сечений.

На основании предварительного конструирования геометрия расчётной модели точно соответствует конструкциям проектируемого здания. В расчётной модели учтены физические характеристики применяемых материалов, особенности их работы под нагрузкой и совместность работы всего комплекса элементов как статически неопределимой системы.

Расчёт производится от следующих типов нагрузок:

- собственный вес конструкций;
- собственный вес покрытия;
- полезная нагрузка;
- снеговая нагрузка;
- ветровая нагрузка.

									<i>ДП-08.05.01-2021</i>	Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

**3.3. Описание и обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность, устойчивость, пространственную неизменяемость зданий и сооружений объекта капитального строительства в целом, а также их отдельных конструктивных элементов, узлов, деталей в процессе изготовления, перевозки, строительства и эксплуатации объекта капитального строительства**

Проектируемый стадион представляет собой здание 223,4 м x 183,4 м. Отметка верха несущих конструкций покрытия: +44,150 м.

Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается совместной работой главных арок и полуарок, а также фермами, объединённые между собой прогонами и горизонтальными связями по нижним и верхним поясам конструкций. Купольная система в ходе совместной работы её элементов образует жесткую, геометрически неизменяемую систему.

Несущими элементами являются – металлические главные арки, металлические полуарки, металлические фермы.

Фундаменты приняты свайные. Запроектированы с учетом указаний СП 22.13330.2016 "Основания зданий и сооружений".

Покрытие выполнено из сотового поликарбоната.

Крыша – скатная с наружным неорганизованным водостоком.

**3.4. Расчет конструкции здания**

**3.4.1. Сбор постоянных и полезных нагрузок на навес кровли**

Для проектирования конструкций необходимо произвести сбор нагрузок. При сборе распределенной нагрузки на покрытие навеса, необходимо учитывать постоянные и временные нагрузки. Временные включают в себя кратковременные нагрузки (полезная нагрузка на покрытие, снеговая и ветровая нагрузки). К постоянным нагрузкам относится собственный вес покрытия и собственный вес металлических конструкций.

Согласно таблице 8.3 [11], полное нормативное значение полезной нагрузки на покрытие навеса:

Покрытия на участках для прочих случаев – 0,7 кПа.

Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для полезных равномерно распределенных нагрузок следует принимать 1,2 при полном нормативном значении равном или более 2,0 кПа. Также коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для конструкций принимаем 1,2 для изоляционных слоев, выполняемых в заводских условиях. Результаты расчетов сводим в таблицу 3.1.

					<i>ДП-08.05.01-2021</i>	Лист
						22
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 3.1 – Сбор нагрузок на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности покрытия.

№ п/п	Наименование	Нормативная нагрузка, кН/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кН/м <sup>2</sup>
1. Постоянные нагрузки				
1	Собственный вес конструкции	Задается с помощью ПК SCAD	1,05	Задается с помощью ПК SCAD
2. Состав кровельного пирога				
2.1	Сотовый поликарбонат	0,2	1,2	0,24
3. Полезные нагрузки				
3.1	Покрытия на участках для прочих случаев	0,7	1,3	0,91
Итого: Полезные нагрузки				

### 3.4.2. Расчет временных климатических нагрузок

Согласно таблицам 10.1 и 11.1 [11] на участке строительства действует нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли – 0,5 кПа для I снегового района и нормативное значение ветрового давления на 1 м<sup>2</sup> вертикальной поверхности – 0,3 кПа для II ветрового района.

#### 3.4.2.1. Снеговая нагрузка

Расчет **снеговой нагрузки** выполнен по нормам проектирования [11]. Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле 10.1 выше указанных норм:

$$S_0^H = c_e c_t \mu S_g, \quad (3.1)$$

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

$c_t$  - термический коэффициент;

$\mu$  - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие;

$S_g$  - нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности].

Принимаем  $S_g = 0,056 \text{ Т/м}^2$ ,  $c_e = 1$ ,  $c_t = 1$ ,  $\mu = 1$ , тогда

$$S_0^H = c_e * c_t * \mu * S_g = 1 * 1 * 1 * 0,056 = 0,056 \frac{T}{m^2} . (z. Чума)$$

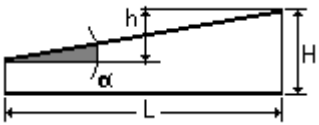
Расчет проверяем с помощью ВЕСТ ПК SCAD.

Балки покрытия скомпонованы таким образом, что напоминают четырехскатную – вальмовую кровлю, но с проемом в середине.

Согласно [11], приложение Б, для половины стадиона (до проема), мы принимаем, что здание имеет односкатное покрытие. Дальнейший расчет представлен ниже.

Исходные данные для расчета сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Исходные данные для определения снеговой нагрузки

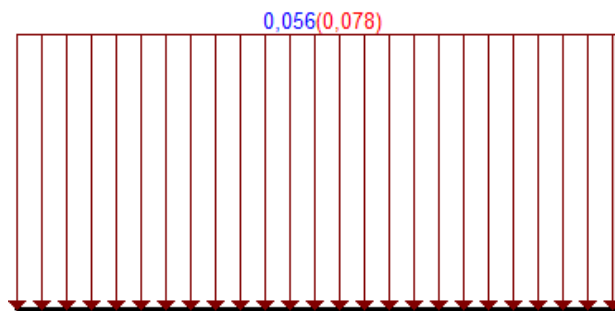
Параметр	Значение	Единицы измерения
<b>Местность</b>		
Нормативное значение снеговой нагрузки	0,056	T/m <sup>2</sup>
Тип местности	В - Городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	
Средняя скорость ветра зимой	5	м/сек
Средняя температура января	5	°C
<b>Здание</b>		
		
Высота здания Н	41,65	м
Ширина здания В	223,417	м
h	10	м
α	9,168	град
L	62,755	м
Неутепленная конструкция с повышенным тепловыделением	Нет	
Коэффициент надежности по нагрузке g <sub>f</sub>	1,4	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

24



Единицы измерения: Тс/м<sup>2</sup>

- Нормативное значение
- Расчетное значение

Рисунок 3.1 – Нормативное значение снеговой нагрузки, Тс/м<sup>2</sup>

### 3.4.2.2. Ветровая нагрузка

Средняя составляющая основной ветровой нагрузки  $w_m$ , в зависимости от эквивалентной высоты  $z_e$  над поверхностью земли, определяется по формуле

$$w_m = w_0 k(z_e) c. \quad (3.2)$$

где  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления, определяемое по [3, 11.1.4];

$k(z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты, определяемый по формуле (4);

$c$  – аэродинамический коэффициент, определяемый по [11, 11.1.5–11.1.6].

Принимаем для ветрового района II  $w_0 = 0,3$  кПа.

Согласно [11], приложение В, для расчета ветровой нагрузки на стены и покрытие, примем наиболее близкий из возможных вариантов – прямоугольное в плане здание с двускатными покрытиями.

Для наветренных, подветренных и различных участков боковых стен (рисунок 3.2) коэффициент  $c$ ,  $k(z_e)$  и средняя составляющая основной ветровой нагрузки приведены в таблице 3.3.

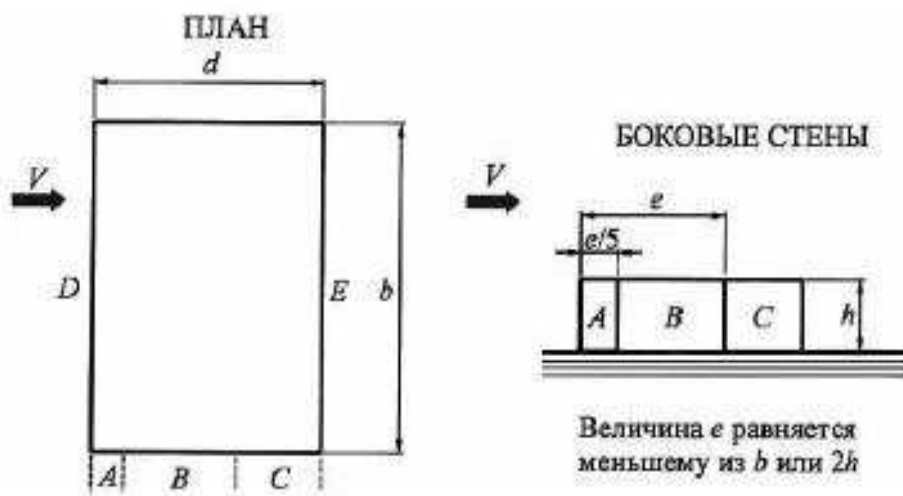


Рисунок 3.2 – План и участки вертикальных стен

Таблица 3.3 – Значения нагрузок  $w_m$  для наветренных, подветренных и различных участков боковых стен

Этаж	Высота, м	$k(z_e)$	$W_m, T$ (на площадь 1 м <sup>2</sup> )			
			D, $c=0,8$	C и E, $c=-0,5$	B, $c=-0,8$	A, $c=-1$
постоянная	5	0,500	0,012	-0,008	-0,012	-0,015
1	9	0,620	0,015	-0,009	-0,015	-0,019
2	12,6	0,702	0,017	-0,011	-0,017	-0,021
3	19,35	0,837	0,020	-0,013	-0,020	-0,025
4	25,65	0,921	0,022	-0,014	-0,022	-0,028
5	31,65	0,996	0,024	-0,015	-0,024	-0,030

Для наветренной, подветренной и различных участков кровли (рисунок 3.3), коэффициент  $c$ ,  $k(z_e)$  и средняя составляющая основной ветровой нагрузки приведены в таблице 3.4.

Дабы упростить расчет и проверить правильность выполненного расчета вертикальных стен, воспользуемся сателлитой ВЕСТ ПК SCAD.

В случае четырехскатной кровли, боковые участки (перпендикулярные подветренной и наветренной стороне) рассмотрим с помощью рисунка 3.3. Результаты для данных участков отображены в таблице 3.4.

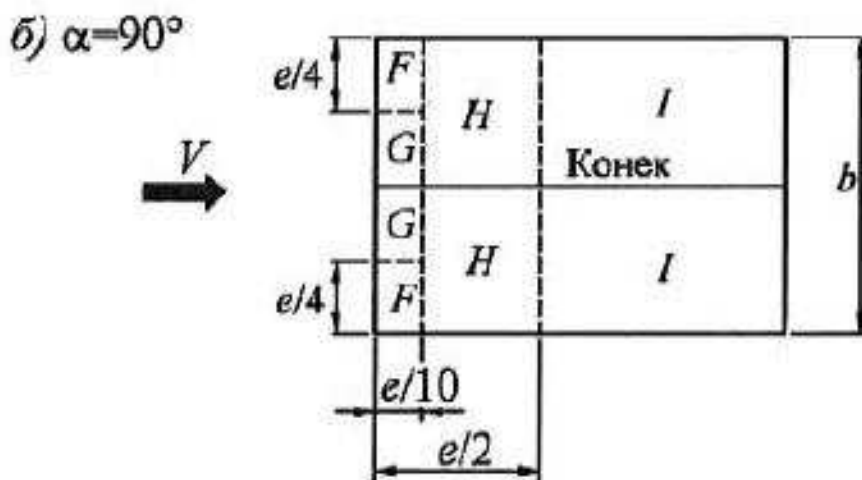


Рисунок 3.3 – План и участки двускатного покрытия

Таблица 3.4 - Значения нагрузок  $w_m$  боковых участков кровли

$W_m, T$ (на площадь 1 м <sup>2</sup> )			
F=-1,633	G=-1,3	H=-0,667	I=-0,5
-0,049	-0,039	-0,022	-0,015

Исходные для расчета сведены в таблицу 3.5.

Результаты расчёта сведены в таблицы 3.6 – 3.9.



Таблица 3.5 – Исходные данные к расчету ветровой нагрузки по оси X

Исходные данные		
Нормативное значение ветрового давления	0,03 Т/м <sup>2</sup>	
Тип местности	В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	
Тип сооружения	Однопролетные здания без фонарей	
Параметры		
Поверхность	Кровля	
Шаг сканирования	1 м	
Коэффициент надежности по нагрузке $g_f$	1,4	
Н	31,65	м
В	183,43	м
h	10	м
L	223,42	м

Ветровая нагрузка на кровлю.

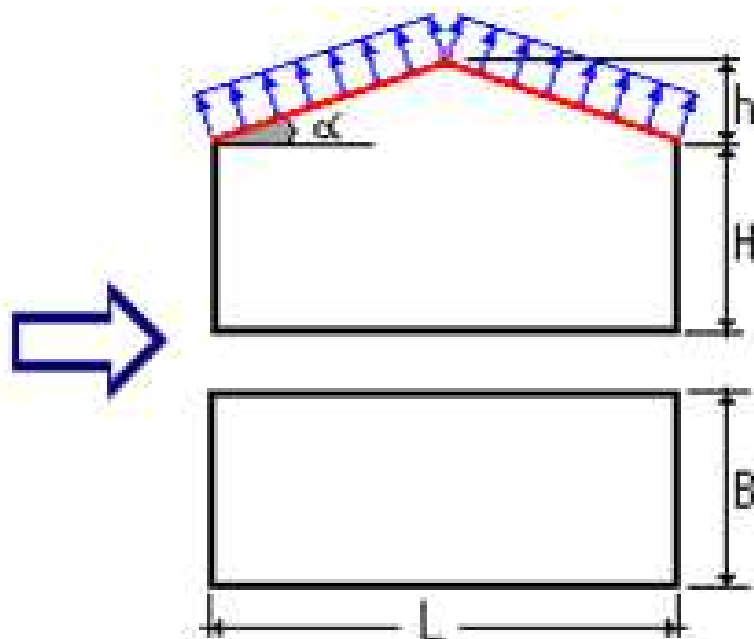


Рисунок 3.4 – Схема приложения нагрузки на кровлю

Таблица 3.6 – Результаты расчета ветровой нагрузки на кровлю

Расстояние от края кровли (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0-91	-0,006	-0,008
92-183,43	-0,017	-0,023

Ветровая нагрузка на стены (подветренная сторона).

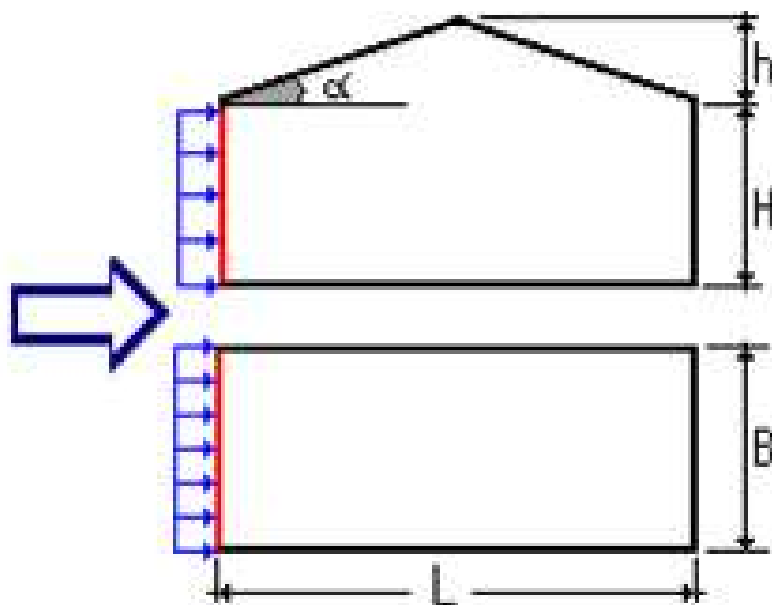


Рисунок 3.5 – Схема приложения ветровой нагрузки на наветренную сторону

Таблица 3.7 – Результаты расчета ветровой нагрузки наветренная сторона

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0-5	0,015	0,021
6	0,016	0,023
7	0,017	0,024
8	0,018	0,025
9	0,019	0,026
10	0,02	0,028
11	0,021	0,029
12	0,021	0,03
13	0,022	0,031
14	0,023	0,032
15	0,023	0,033
16	0,024	0,033
17	0,024	0,034
18	0,025	0,035
19	0,026	0,036
20	0,026	0,037
21	0,027	0,037
22	0,027	0,038
23	0,028	0,039
24	0,028	0,039
25	0,029	0,04
26	0,029	0,041

Окончание таблицы 3.7

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
27	0,029	0,041
28	0,03	0,042
29	0,03	0,042
30	0,031	0,043
31	0,031	0,043
31,65	0,031	0,044

Ветровая нагрузка на стены (подветренная сторона).

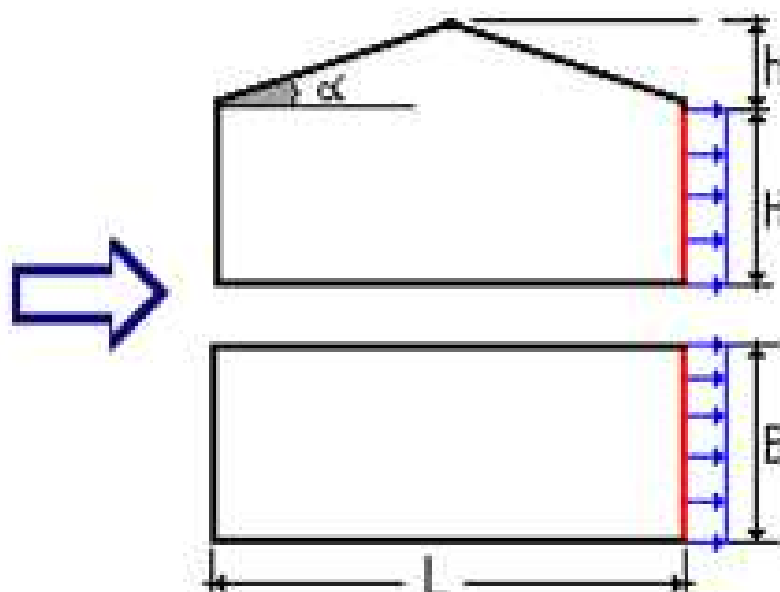


Рисунок 3.6 – Схема приложения ветровой нагрузки на подветренную сторону

Таблица 3.8 – Результаты расчета ветровой нагрузки – подветренная сторона

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0-5	-0,008	-0,011
6	-0,008	-0,012
7	-0,009	-0,013
8	-0,009	-0,013
9	-0,01	-0,014
10	-0,01	-0,015
11	-0,011	-0,015
12	-0,011	-0,016
13	-0,012	-0,016
14	-0,012	-0,017

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

29

Окончание таблицы 3.8

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
15	-0,012	-0,017
16	-0,013	-0,018
17	-0,013	-0,018
18	-0,013	-0,018
19	-0,013	-0,019
20	-0,014	-0,019
21	-0,014	-0,02
22	-0,014	-0,02
23	-0,015	-0,02
24	-0,015	-0,021
25	-0,015	-0,021
26	-0,015	-0,021
27	-0,016	-0,022
28	-0,016	-0,022
29	-0,016	-0,022
30	-0,016	-0,023
31	-0,016	-0,023
31,65	-0,017	-0,023

Таблица 3.9 – Исходные данные к расчету ветровой нагрузки по оси Y

Исходные данные		
Ветровой район	II	
Нормативное значение ветрового давления	0,03 Т/м <sup>2</sup>	
Тип местности	B - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м	
Тип сооружения	Однопролетные здания без фонарей	
Параметры		
Поверхность	Кровля	
Шаг сканирования	1 м	
Коэффициент надежности по нагрузке $\mu_f$	1,4	
H	31,65	м
B	183,43	м
h	10	м
L	223,42	м

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

30

## Ветровая нагрузка на кровлю

Таблица 3.10 – Результаты расчета ветровой нагрузки на кровлю

Расстояние от края кровли (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0-111	-0,005	-0,007
111-224,42	-0,017	-0,023

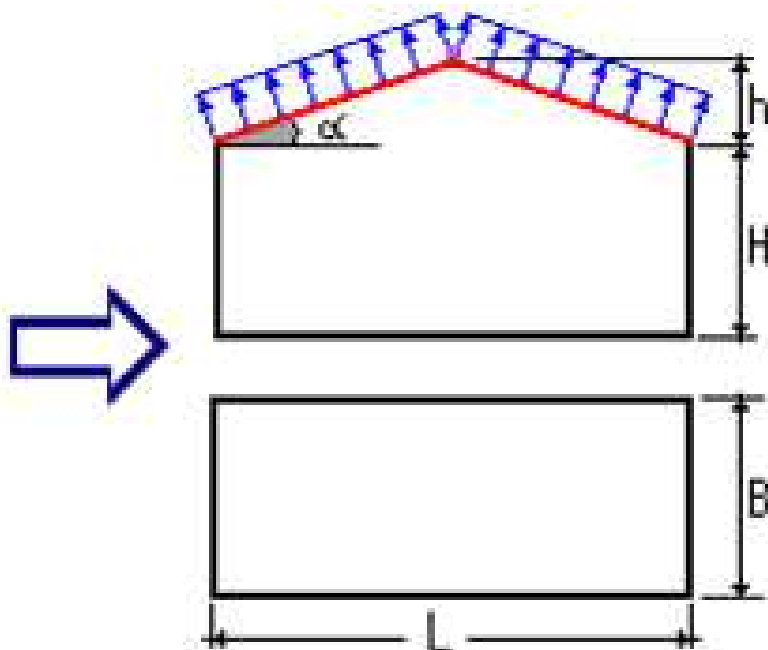


Рисунок 3.7 – Схема приложения нагрузки на кровлю по оси Y  
Ветровая нагрузка на стены (подветренная сторона)

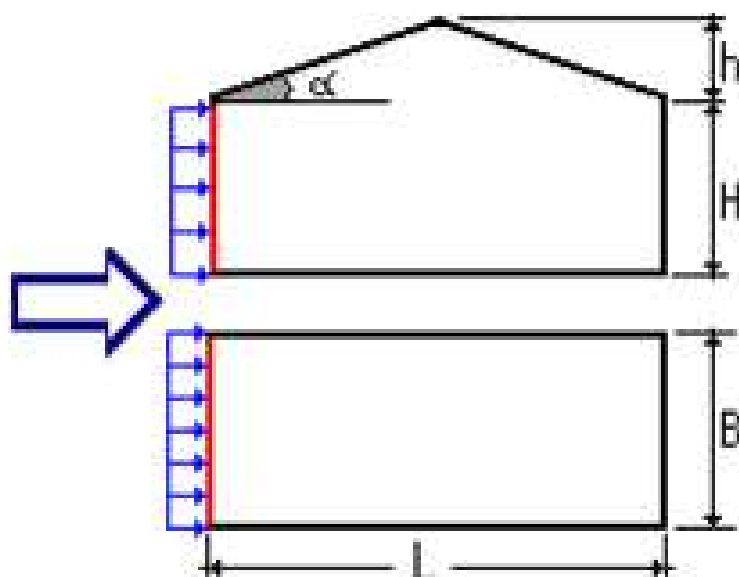


Рисунок 3.8 – Схема приложения ветровой нагрузки на наветренную сторону

Таблица 3.11 – Результаты расчета ветровой нагрузки наветренная сторона

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0-5	0,015	0,021
6	0,016	0,023
7	0,017	0,024
8	0,018	0,025
9	0,019	0,026
10	0,02	0,028
11	0,021	0,029
12	0,021	0,03
13	0,022	0,031
14	0,023	0,032
15	0,023	0,033
16	0,024	0,033
17	0,024	0,034
18	0,025	0,035
19	0,026	0,036
20	0,026	0,037
21	0,027	0,037
22	0,027	0,038
23	0,028	0,039
24	0,028	0,039
25	0,029	0,04
26	0,029	0,041
27	0,029	0,041
28	0,03	0,042
29	0,03	0,042
30	0,031	0,043
31	0,031	0,043
31,65	0,031	0,044

Ветровая нагрузка на стены (подветренная сторона) представлена на рисунке 3.9.

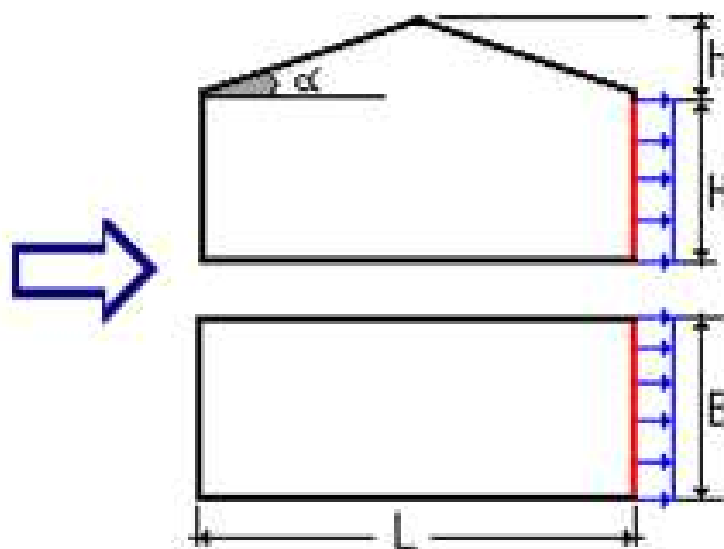


Рисунок 3.9 – Схема приложения ветровой нагрузки на подветренную сторону

Таблица 3.12 – Результаты расчета ветровой нагрузки – подветренная сторона

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0-5	-0,008	-0,011
6	-0,008	-0,012
7	-0,009	-0,013
8	-0,009	-0,013
9	-0,01	-0,014
10	-0,01	-0,015
11	-0,011	-0,015
12	-0,011	-0,016
13	-0,012	-0,016
14	-0,012	-0,017
15	-0,012	-0,017
16	-0,013	-0,018
17	-0,013	-0,018
18	-0,013	-0,018
19	-0,013	-0,019
20	-0,014	-0,019
21	-0,014	-0,02
22	-0,014	-0,02
23	-0,015	-0,02
24	-0,015	-0,021
25	-0,015	-0,021
26	-0,015	-0,021
27	-0,016	-0,022
28	-0,016	-0,022

Окончание таблицы 3.12

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
29	-0,016	-0,022
30	-0,016	-0,023
31	-0,016	-0,023
31,65	-0,017	-0,023

### 3.4.3. Расчет несущих элементов здания

Статический расчет здания был произведен в учебной версии программного комплекса SCAD Office 21.1. Расчётная схема изображена на рисунке 3.10.

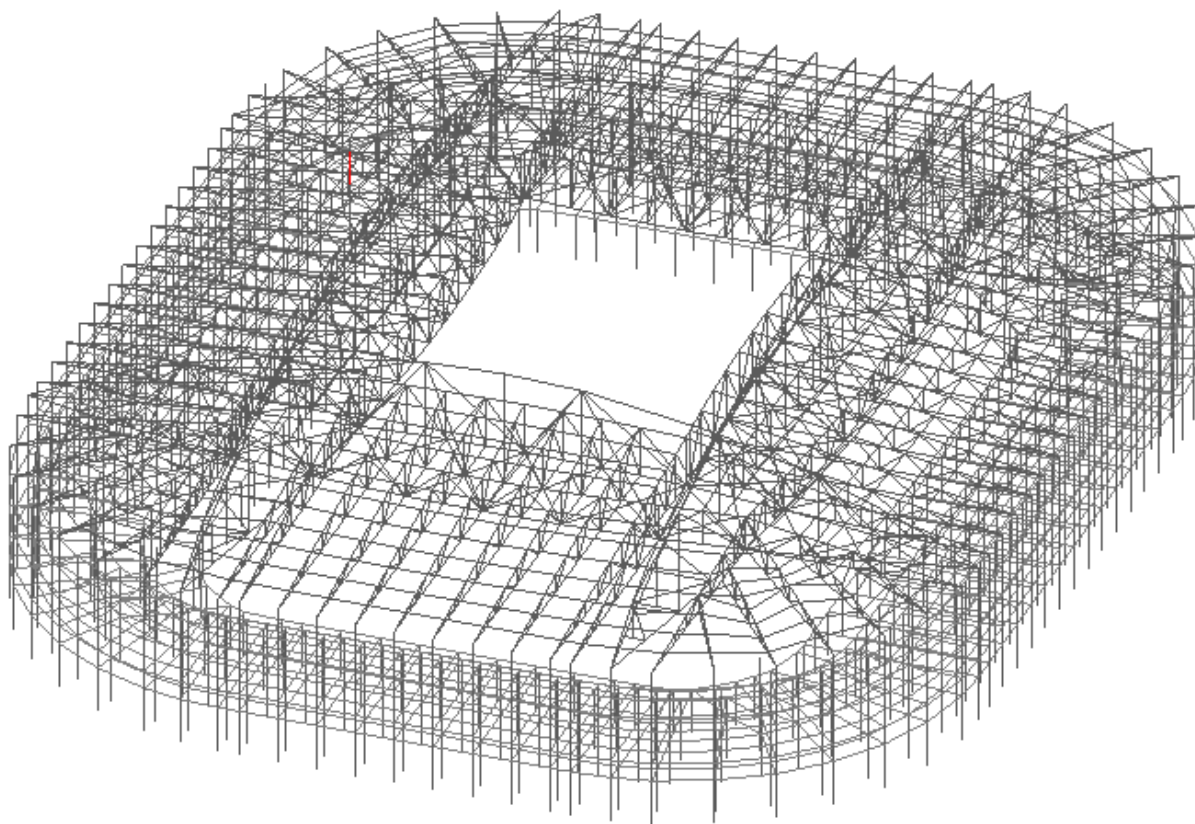


Рисунок 3.10 – Расчетная схема здания

Стержневые конечные элементы (далее КЭ) имитируют работу основных несущих элементов каркаса. Узел примыкания фермы с колоннами выполнены шарнирными.

Загружение № 1: Постоянная нагрузка (Собственный вес несущих элементов)

Задаем с помощью функций ПК SCAD, устанавливая коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,05$ . Визуальная картина загрузки представлена на рисунке 3.11.



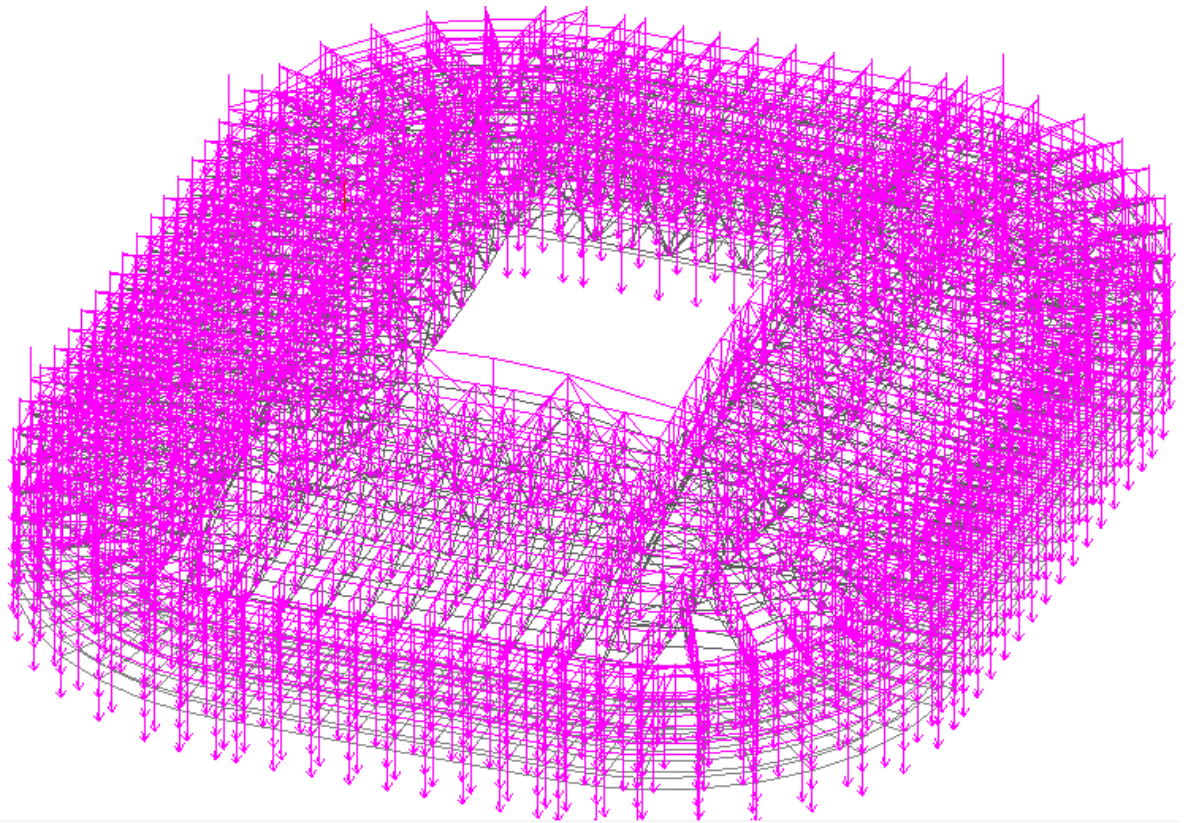


Рисунок 3.11 – Визуальная картина загрузки №1

Загрузка № 2: Постоянная нагрузка (Собственный вес кровельного покрытия)

Задаём вертикальную равномерно распределённую нагрузку на стержневые КЭ схемы имитирующие прогоны. Значение нагрузки на прогоны ферм равно 2,02 Т/м. Визуальная картина загрузки представлена на рисунке 3.12.

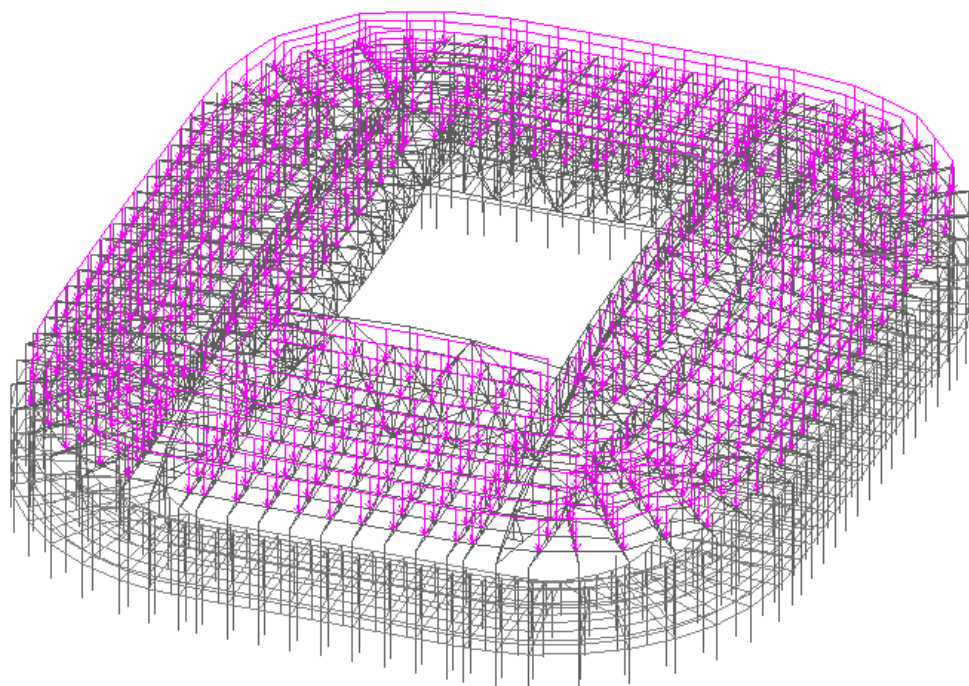


Рисунок 3.12 – Визуальная картина загрузки №2

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

35

### Загрузка № 2: Временная нагрузка (Полезная нагрузка)

Задаём вертикальную равномерно распределённую нагрузку на стержневые КЭ схемы имитирующие прогоны. Значение нагрузки на прогоны ферм 0,535 до 0,855 Т/м. Визуальная картина загрузки представлена на рисунке 3.13.

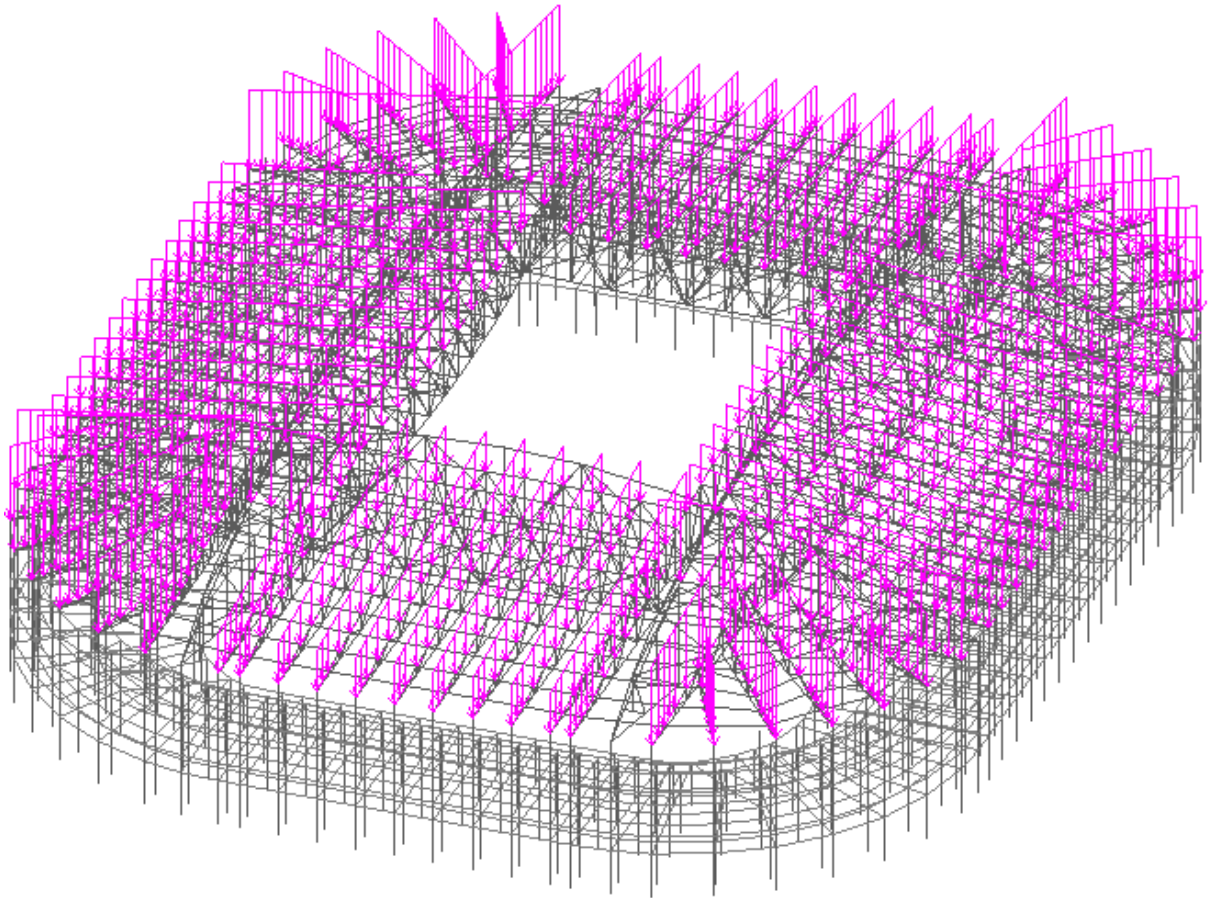


Рисунок 3.13 – Визуальная картина загрузки №3

### Загрузка № 4: Временная нагрузка (Снеговая нагрузка)

Задаём вертикальную равномерно распределённую нагрузку на стержневые КЭ схемы имитирующие прогоны. Значение нагрузки на прогоны ферм варьируется от 0,102 до 0,574 Т/м. Визуальная картина загрузки представлена на рисунке 3.14.

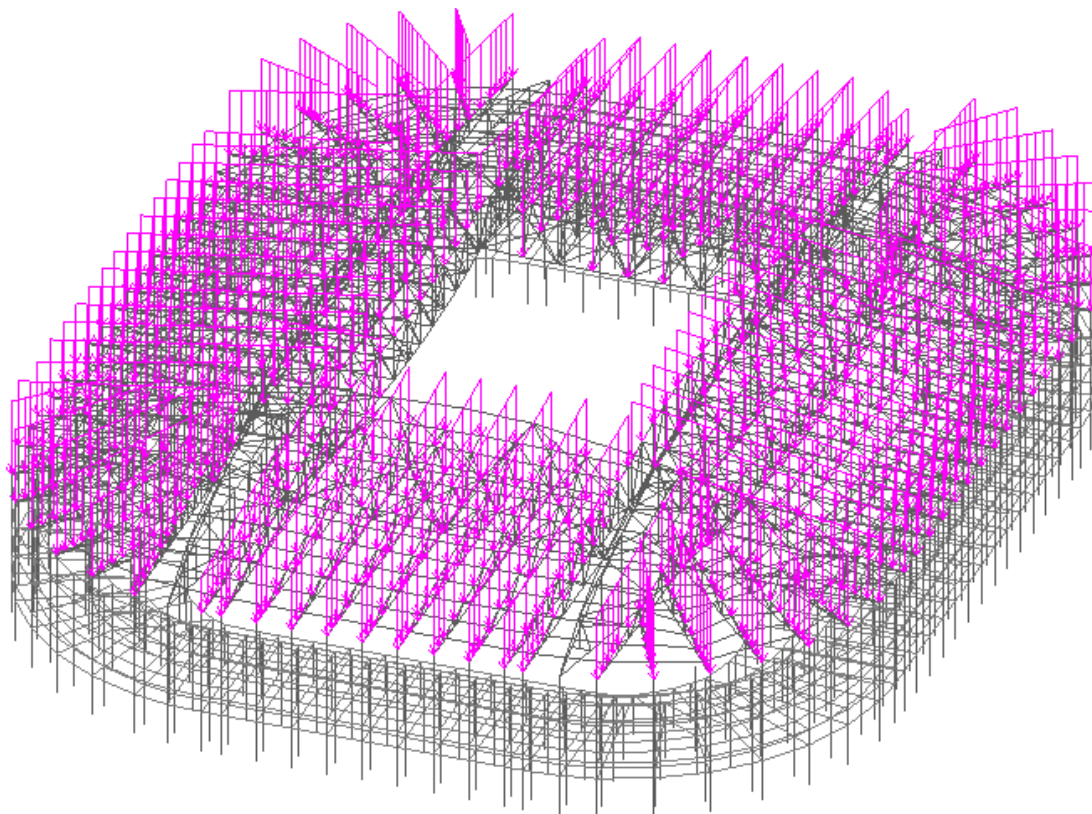


Рисунок 3.14 – Визуальная картина загрузки №4

**Загрузка № 5: Временная нагрузка (Ветровая нагрузка)**

Задаём вертикальную равномерно распределённую нагрузку на стержневые КЭ схемы имитирующие прогоны покрытия и горизонтальную распределённую нагрузку на колонны. Значение нагрузки на прогоны ферм варьируется от 0,06 до 0,205 Т/м с наветренной стороны. Визуальная картина загрузки представлена на рисунке 3.15.

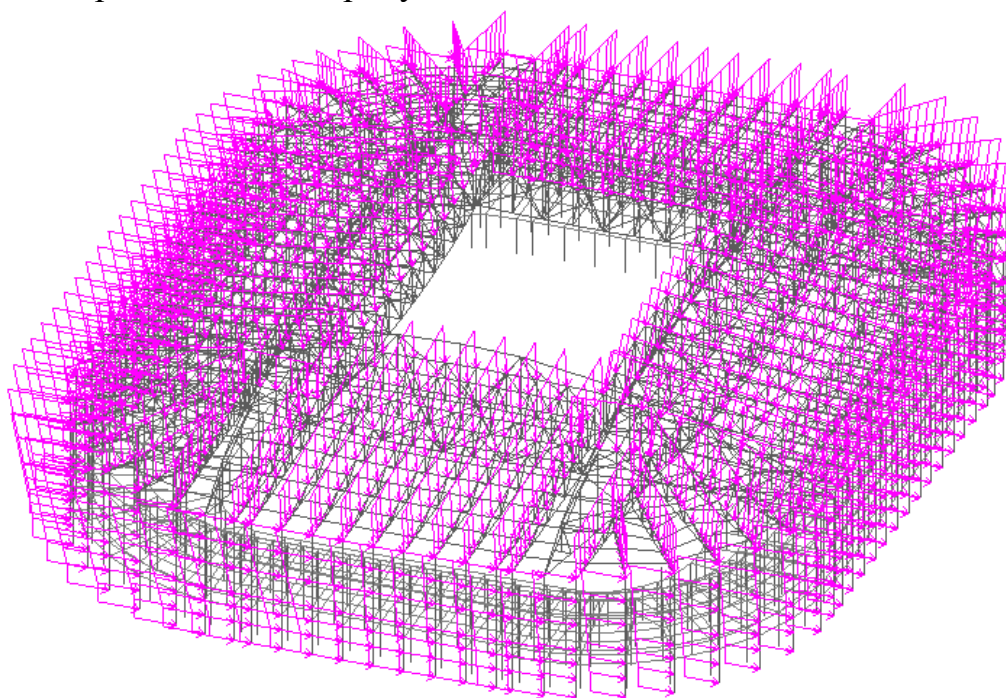


Рисунок 3.15 – Визуальная картина загрузки №5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

37

### 3.4.4. Сочетания нагрузок и расчетные сочетания усилий

Исходя из видов загрузений в нашем случае получается несколько комбинации, которые представлены на рисунке 3.11.

Согласно п. 6.4 [11] для загрузений выставлены коэффициенты воздействия согласно степени влияния. Первая по величине идёт снеговая нагрузка и имеет коэффициент 1. Все нагрузки, кроме первого нагружения имеют коэффициент надёжности по нагрузке равный 1,0 поскольку схема загружалась расчётными значениями нагрузок. Вторая комбинация выходит из условия, что полезная нагрузка не чувствует в сочетании со снеговой нагрузкой согласно примечанию 2 табл.8.3 [11].

	Загружения/Комбинации	Коэффициент
1	св	1
2	снег Чита	0,9
3	снег Красноярск	0
4	ветер X	0
5	загружение 3 полезная	1
6	ветер X	0
7	ветер Y	0
8	ветер Y	0
9	Пульс X	0
10	Пульс Y	0
11	Пульс X	0
12	Пульс Y	0

Комбинации загрузений		
	Комбинации загрузений	Название
1	(L1)*1+(L2)*0.9+(L5)*1	
2	(L1)*1+(L2)*0.9+(L5)*1+(L9)*1	
3	(L1)*1+(L2)*0.9+(L5)*1+(L10)*1	
4	(L1)*1+(L2)*0.9+(L5)*1+(L11)*1	
5	(L1)*1+(L2)*0.9+(L5)*1+(L12)*1	

Рисунок 3.11 – Комбинации загрузений

Далее мы произвели линейный расчёт с учетом вышеописанной комбинаций загрузений в программном комплексе SCAD Office.

### 3.4.5. Результаты расчета

После произведения расчёта были получены внутренние усилия несущего каркаса. Наиболее неблагоприятной комбинацией оказалась комбинация №2.

Деформированная схема представлена на рисунке 3.16, перемещения на рисунке 3.17.

Максимальные вертикальные перемещения составляют -494 мм.

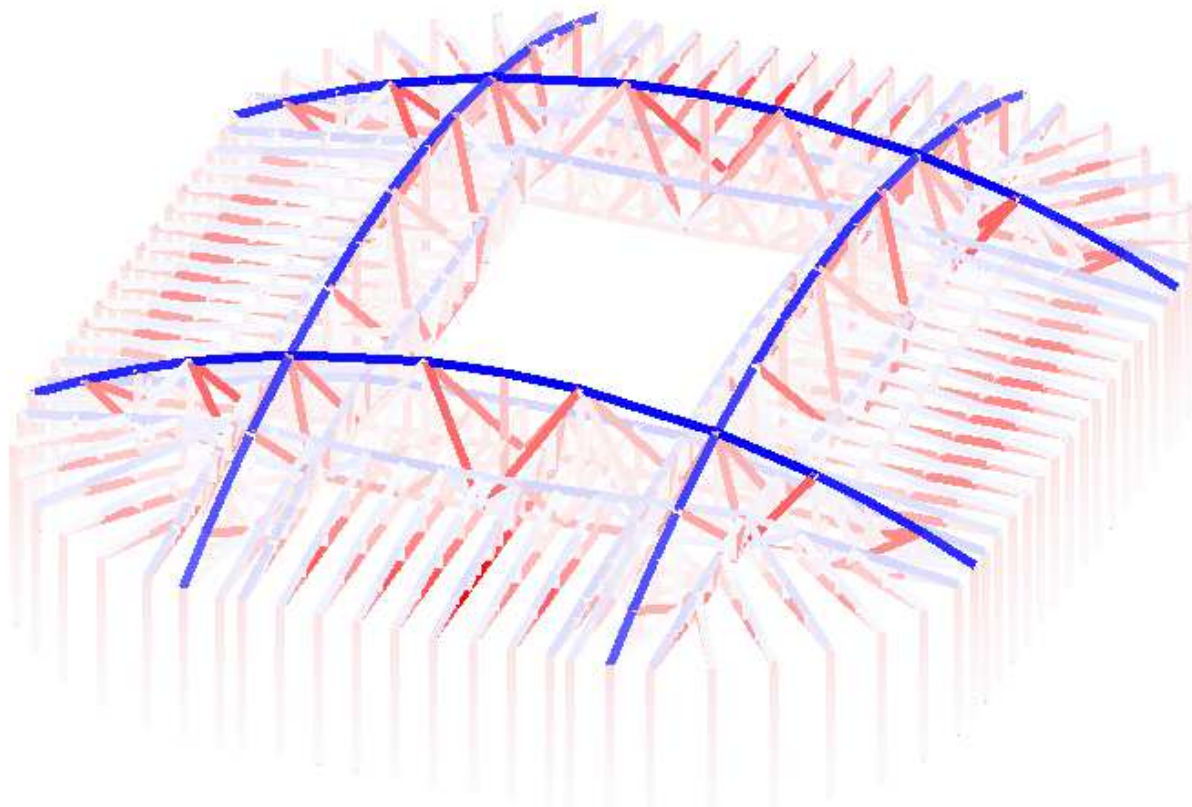
Предельный прогиб [f], мм, принимаем согласно [11, табл. Д.1] для пролетов более 36 м по формуле

$$[f] \leq \frac{l}{300}, \quad (3.4.1)$$

где  $l$  – пролет, м.

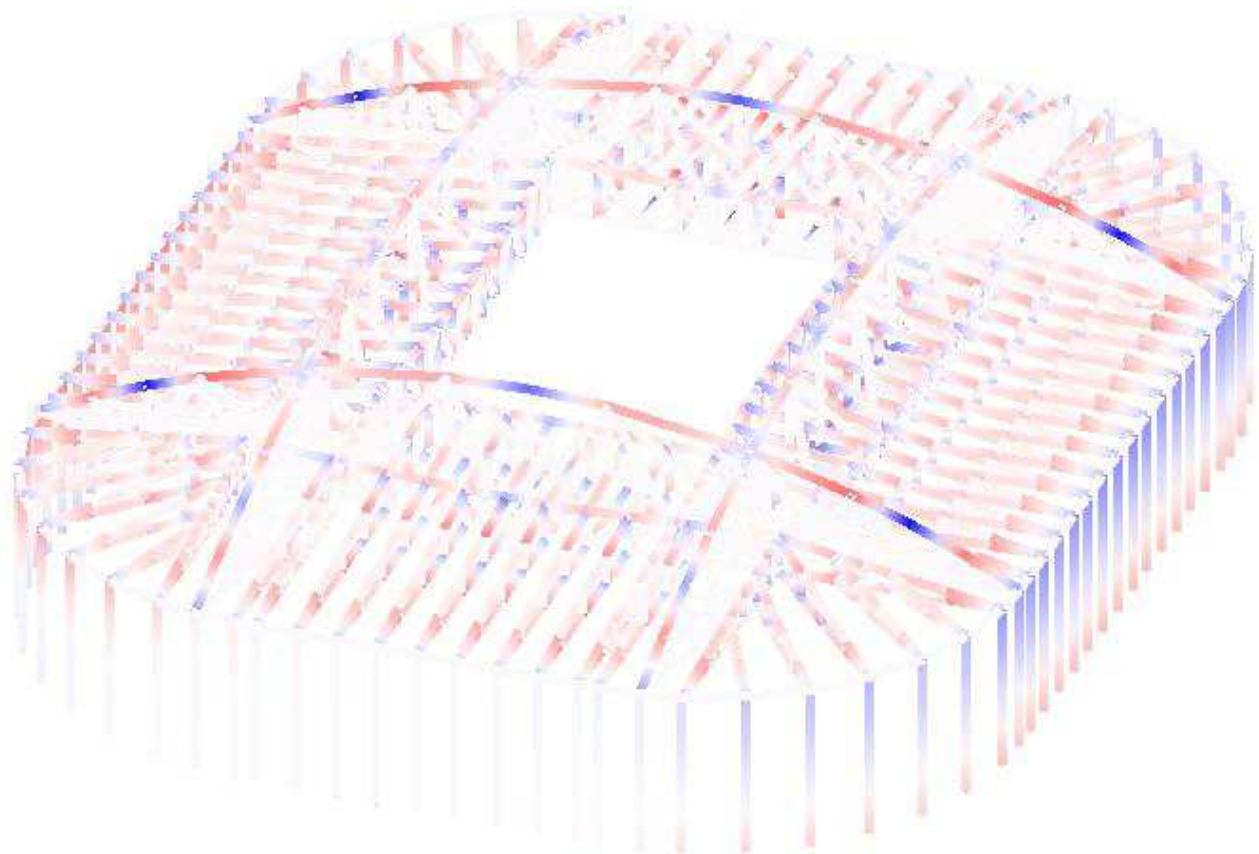
$$[f] \leq \frac{223420}{300} = 744,73 \text{ мм} < f = 495 \text{ мм.}$$

Максимальные продольные усилия N, T, представлены на рисунке 3.16, изгибающие моменты Mu, Tm – на рисунке 3.17, поперечные силы Qz, T – на рисунке 3.18.



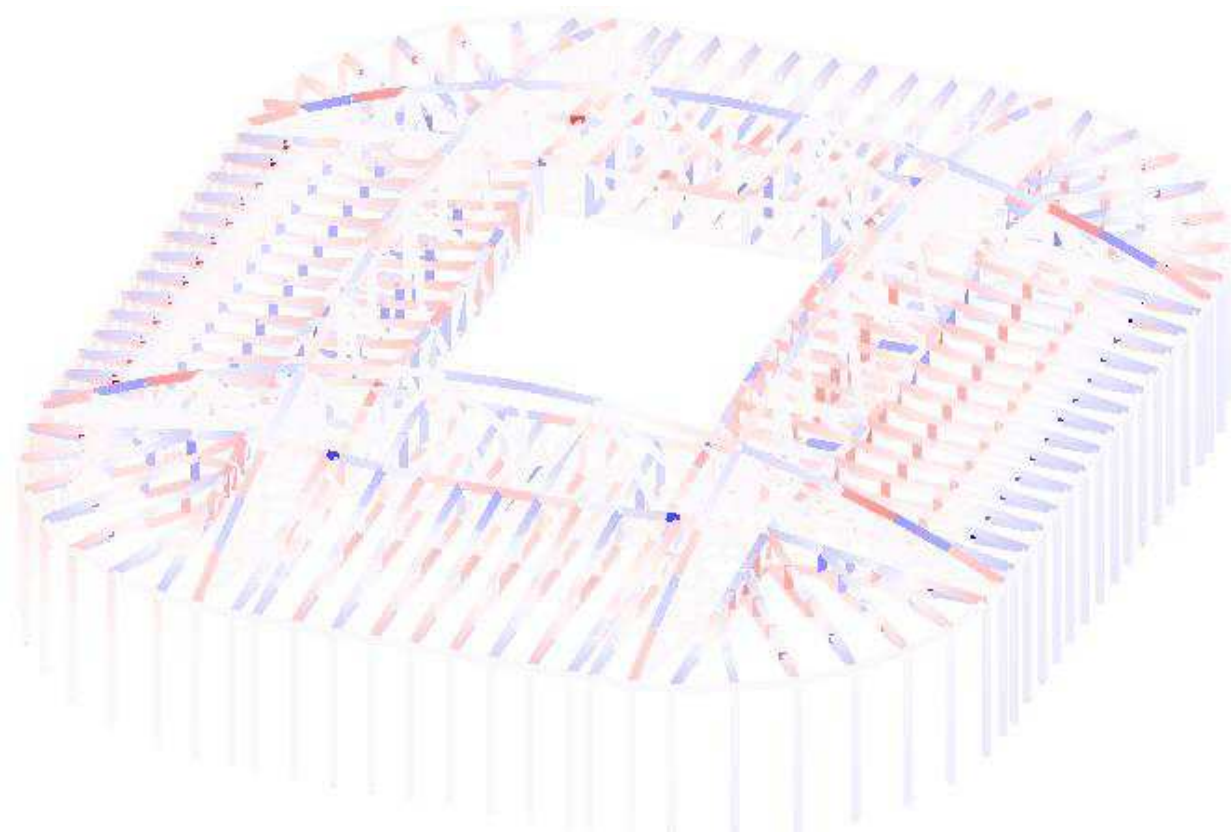
		N			
		T	T		
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-2506,885	-27,705	873	■
<input checked="" type="checkbox"/>	□	-27,705	27,705	1050	□
<input checked="" type="checkbox"/>	■	27,705	263,609	484	■

Рисунок 3.16 – Максимальные продольные усилия N, T



		$M_y$			
		$T^*M$	$T^*M$		
<input checked="" type="checkbox"/>	<span style="background-color: blue; color: white;"> </span>	-402,207	-8,174	1056	<span style="background-color: blue; color: white;"> </span>
<input checked="" type="checkbox"/>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black;"> </span>	-8,174	8,174	2178	<span style="background-color: white; border: 1px solid black;"> </span>
<input checked="" type="checkbox"/>	<span style="background-color: red; color: white;"> </span>	8,174	415,206	1422	<span style="background-color: red; color: white;"> </span>

Рисунок 3.17 – Максимальные изгибающие моменты  $M_y$ ,  $T_m$












		$Q_z$				
		T	T			
<input checked="" type="checkbox"/>		-79,512	-1,481	806		
<input checked="" type="checkbox"/>		-1,481	1,481	1265		
<input checked="" type="checkbox"/>		1,481	68,575	886		

Рисунок 3.18 – Максимальные поперечные силы  $Q_z$ , T

### 3.4.6. Подбор сечений металлических элементов каркаса

Для проверки сечений зададим РСУ и сформируем группы элементов.

Для расчёта металлических элементов каркаса было создано 11 видов сечений металлопроката для экспертизы: 1 – Нижний пояс больших ферм; 2 – Нижний пояс малых ферм; 3 – Связи по нижним поясам; 4 – Раскосы больших ферм; 5 – Раскосы малых фермы; 6 – Стойки фермы; 7 – Балки покрытия; 8 – Верхний пояс малых ферм; 9 – Стойки балок; 10 – Верхний пояс больших ферм; 11 - Колонны ферм.

Данные виды сечений были собраны в 11 групп унификации: 1 – Нижний пояс больших ферм; 2 – Нижний пояс малых ферм; 3 – Связи по нижним поясам; 4 – Раскосы больших ферм; 5 – Раскосы малых фермы; 6 – Стойки фермы; 7 – Балки покрытия; 8 – Верхний пояс малых ферм; 9 – Стойки балок; 10 – Верхний пояс больших ферм; 11 - Колонны ферм.

После предварительного назначения сечений элементов каркаса экспертиза показала отрицательные результаты и был проведён подбор сечений элементов с повторной экспертизой.

После экспертизы была произведена замена подобранных сечений в исходных данных для перерасчёта из-за изменения массы элементов. Подобранные сечения не удовлетворили условиям новой экспертизы. В связи с этим был произведён новый подбор сечений. После замены подобранных сечений в исходных данных, была запущена последняя экспертиза, показавшая следующие результаты:

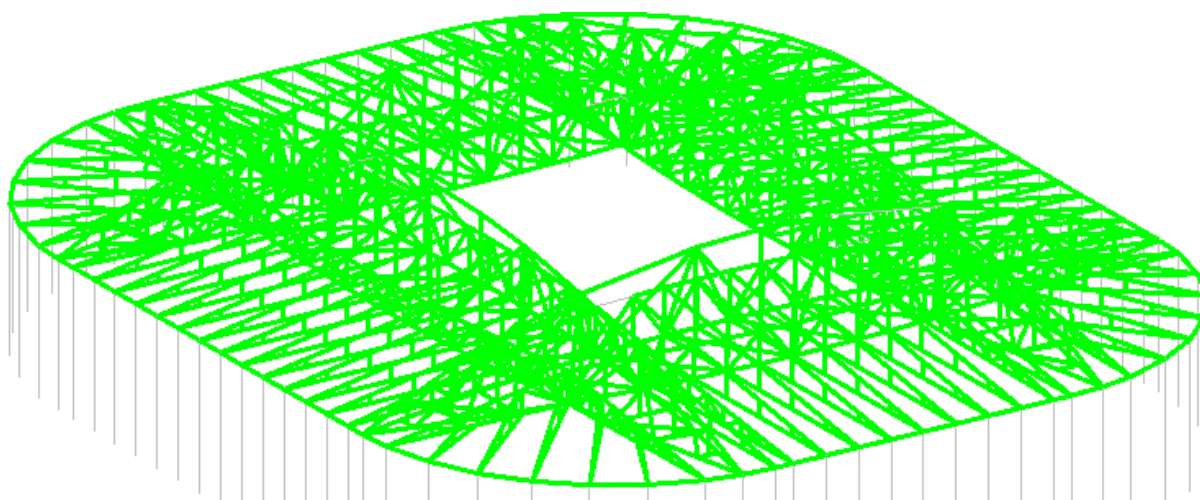
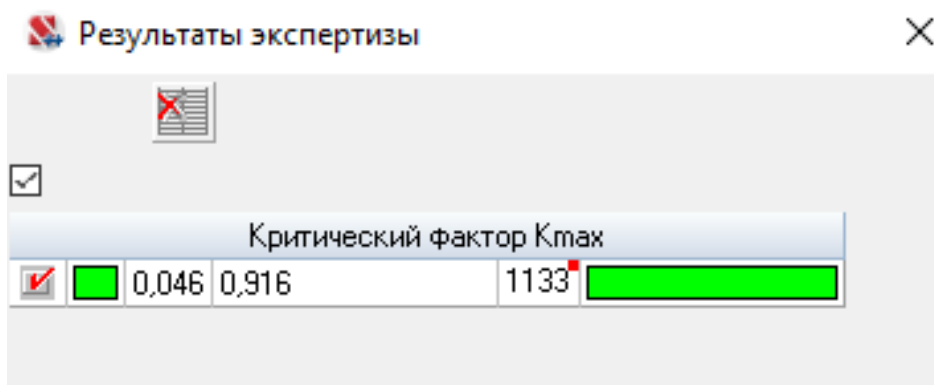


Рисунок 3.19 – Результаты проверки окончательного подбора сечений ПК SCAD



Название группы	Жесткость элементов
Конструктивная группа нп больших	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 530x5
Конструктивная группа нп малых	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 530x5.5
Конструктивная группа связи по нп	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 325x4
Конструктивная группа раскосы большой	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 630x7
Конструктивная группа раскосы малой	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 426x5.5
Конструктивная группа стойки фермы	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 219x8
Конструктивная группа вп малой	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 1420x20
Конструктивная группа вп больших	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 1420x14
Конструктивная группа раскосы покрытия	Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 426x5.5
Конструктивная группа стойки покрытия	Прямоугольные трубы по ГОСТ Р 54157-2010 350x250x7.0
Конструктивная группа балки покрытия	Прямоугольные трубы по ГОСТ Р 54157-2010 350x300x7.5
Конструктивная группа раскосы для пф	Прямоугольные трубы по ГОСТ Р 54157-2010 350x250x5.5
Конструктивная группа прогоны покрытие	Квадратные трубы по ГОСТ Р 54157-2010 300x4.5

Рисунок 3.20 – Результаты окончательного подбора сечений ПК SCAD

**Вывод:** Расчёт сечений был произведён из условия минимального сопротивления напряжению, достаточного для выдерживания комбинации нагрузок. По результатам подбора и с учётом конструктивных требований принимаем сечения стального каркаса здания, указанные на рисунке 3.20.

### 3.5. Конструктивный расчет

Согласно [12, п. 10.2.5] для пространственных решетчатых конструкций расчетные длины  $l_{ef}$  и радиусы инерции  $i$  элементов из труб следует принимать согласно [12, п. 10.1.1-10.1.3], т.е как в плоских фермах.

Согласно [12, п. 10.1.1, таблица 24] для ферм, с прикреплением элементов решетки к поясам впритык

Для поясов  $l_{ef,x} = l_{ef,y} = l$ , т.е  $\mu = 1$ ,

Для прочих элементов решетки  $l_{ef,x} = 0,9l$ ;  $l_{ef,y} = l$ .

#### 3.5.1. Проверка сечения поясов фермы

$$\left(\frac{N}{A \cdot R_y \cdot \gamma_c}\right)^n + \frac{M_x}{c_x \cdot W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \cdot W_y \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (3.5.1)$$

где  $N, M_x, M_y$  – значения продольной силы и изгибающих моментов;

$A$  – площадь сечения, м<sup>2</sup>;

$W_x, W_y$  – моменты сопротивления сечения относительно осей  $x, y$ , м<sup>2</sup>;

$n, c_x, c_y$  – коэффициенты, определяемые по [12, прил. Е.1];

$R_y$  – расчетное сопротивление стали, Т/м<sup>2</sup>;



### 3.5.2. Проверка раскосов наиболее загруженной фермы

Раскос проверим по условию на устойчивость при сжатии и изгибу в двух плоскостях [12, п. 9.2.9].

Расчет на устойчивость стержней постоянного сечения (кроме коробчатого), подверженных сжатию и изгибу в двух главных плоскостях, следует проводить по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{exy} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (3.5.2)$$

где  $N, A, R_y, \gamma_c$  – то же, что в формуле (3.5.1);

$\varphi_{exy}$  – коэффициент, определяемый по формуле

$$\varphi_{exy} = \varphi_{ey} \cdot (0,6 \cdot \sqrt[3]{c} + 0,4 \cdot \sqrt[3]{c}), \quad (3.5.3)$$

где  $\varphi_{ey}$  – коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом, определяемый по [12, табл. Д.3], в зависимости от условной гибкости  $\bar{\lambda}$  и приведенного относительного эксцентриситета  $m_{ef}$ , определяемого по формуле

$$m_{ef} = \eta \cdot m, \quad (3.5.4)$$

где  $\eta$  – коэффициент влияния формы сечения, определяемый по [12, табл. Д.2];

$m$  – относительный эксцентриситет, определяемый по формуле

$$m = \frac{e \cdot A}{W}, \quad (3.5.5)$$

где  $A$  – площадь сечения,  $\text{см}^2$ ;

$W$  – момент сопротивления сечения,  $\text{см}^3$ ;

$e$  – эксцентриситет,  $\text{см}$ , определяемый по формуле

$$e = \frac{M}{N}, \quad (3.5.6)$$

где  $M$  и  $N$  – значения изгибающего момента и продольной силы,  $\text{Тсм}$ ,  $\text{Т}$ .

Условная гибкость определяется по формуле

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (3.5.7)$$

где  $R_y$  – расчетное сопротивление стали,  $\text{МПа}$ ;

$E$  – модуль упругости стали,  $\text{МПа}$ ;

$\lambda$  – наименьшая гибкость элемента, определяемая по формуле

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}, \quad (3.5.8)$$

где  $i$  – радиус инерции сечения,  $\text{см}$ ;

$l_{ef}$  – расчетная длина элемента,  $\text{см}$ , определяемая по [12, табл. 24] для конструкций с прикреплением элементов решетки к поясам впритык, принимаемая для раскосов  $0,9l$ .

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Следовательно, устойчивость раскоса при сжатии с изгибом в двух плоскостях обеспечена.

Выполним проверку раскоса наибольшей длины по предельной гибкости.

Для опорных раскосов пространственной конструкции из труб, для растянутых элементов, предельная гибкость принимается 250.

Гибкость элемента наибольшей длины определим по формуле (3.5.8)

$$\lambda = \frac{2892,35 \cdot 0,9}{14,868} = 175,08 < 250.$$

Следовательно, условие выполняется, запас равен 29%.

### 3.5.3. Расчет подстропильной фермы

Уклон кровли: 5°;

Шаг ферм: 7,5 м;

Материал балок: сталь С390 с расчетным сопротивлением  $R_y = 420$  МПа;

Длина рассчитываемой фермы: 69 м.

Расчет балки выполняется на нагрузку от собственного веса, снеговую и покрытия.

Предварительно принимаем сечение балки из трубы 1420x10 по ГОСТ 10704-91 со следующими характеристиками:  $A = 462,965$  см<sup>2</sup>,  $W = 15505,318$  см<sup>3</sup>,  $g = 347,716$  кг/м и стоек из труб 1420x10 по ГОСТ 10704-91.

Вертикальная нагрузка на балку определяется по формуле

$$q = q_{\text{п}} \cdot \gamma_{f\text{п}} + S \cdot \gamma_{f\text{с}} + g \cdot \gamma_{f\text{с}}, \quad (3.5.11)$$

где  $q_{\text{п}}$  – вес покрытия;

$S$  – нормативная снеговая нагрузка, кг/м;

$g$  – собственный вес балки, кг/м;

$\gamma_{f\text{п}}$  – коэффициент надежности по нагрузке для покрытия;

$\gamma_{f\text{с}}$  – коэффициент надежности для снеговой нагрузки;

$\gamma_{f\text{с}}$  – коэффициент надежности по нагрузке для стали.

Принимаем  $q_{\text{п}} = 25 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ ,  $S = 382 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ ,  $g = 347,716 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ ,  $\gamma_{f\text{п}} = 1,2$ ,  $\gamma_{f\text{с}} = 1,4$ ,  $\gamma_{f\text{с}} = 1,05$  и подставляем в формулу (3.5.11), получаем

$$q = 25 \cdot 1,2 + 382 \cdot 1,4 + 347,716 \cdot 1,05 = 992,9 \text{ кг/м.}$$

Расчетная схема представлена на рисунке 3.22.

Проверим устойчивость сжато-изгибаемого пояса по формуле

$$\frac{N}{\varphi_{exy} \cdot A \cdot R_y} \leq 1, \quad (3.5.14)$$

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП-08.05.01-2021

где  $N$  – продольные усилия, Т;

$A$  – площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали;

$\varphi_{exy}$  – коэффициент, определяемый по [12, табл. Д.3].

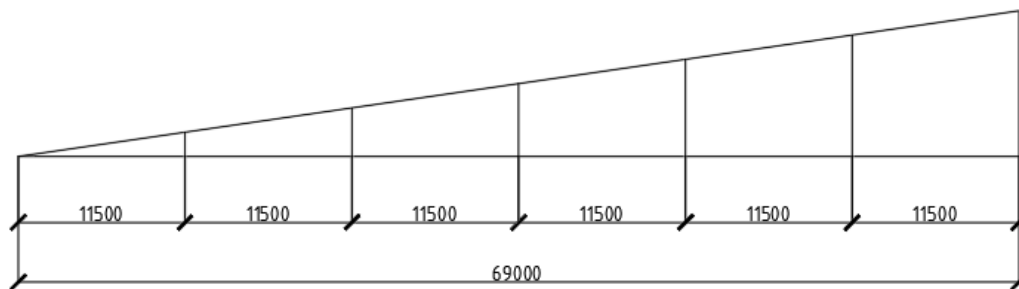


Рисунок 3.22 – Расчетная схема

Подставляем в формулу (3.5.14)

$$\frac{47,14}{1,1 \cdot 0,044 \cdot 32121,06} = 0,04 \leq 1.$$

Следовательно, условие устойчивости выполняется.

Выполним проверку устойчивости центрально-сжатого элемента.

$$\frac{35,777}{1,1 \cdot 0,044 \cdot 32121,06} = 0,03 \leq 1.$$

Условие устойчивости выполняется.

Также с помощью ПК SCAD проверяем устойчивость самой большой стойки. Получаем:

Диаграмма факторов [СП 16.13330.2011]

Проверка		Коэффициент	
Прочность при действии изгибающего момента	п.8.2.1	0,054	
Прочность при действии изгибающего момента	п.8.2.1	0,052	
Прочность при действии поперечной силы $Q_y$	п.8.2.1	0,004	
Прочность при действии поперечной силы $Q_z$	п.8.2.1	0,003	
Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов	п.9.1.1	0,118	
Устойчивость при сжатии в плоскости XOY	п.7.1.3	0,034	
Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ	п.7.1.3	0,023	
Устойчивость при сжатии с изгибом в двух	пп. 9.2.9, 9.2.10	0,132	
Прочность по приведенным напряжениям при одновременном действии изгибающего	п. 8.2.1	0,044	
Предельная гибкость в плоскости XOY	п.10.4.1	0,485	
Предельная гибкость в плоскости XOZ	п.10.4.1	0,375	

Рисунок 3.23 – Критические факторы самой большой стойки

### 3.6. Армирование колонн

Армирование стержней

Общие параметры **Бетон** Трещиностойкость

Конструктивное решение

Коэффициент надежности по ответственности

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы	Диаметр
Продольная	A500	1	40
Поперечная	A240	1	

Тип элемента

Напряженное состояние

Расстояние до ц.т. арматуры

$a_1$	$a_2$
м	м
0.06	0.06

Расчет по трещиностойкости

Статически неопределимая систем

Максимальный процент

Коэффициенты учета сейсмического воздействия

Нормальные сечения	0
Наклонные сечения	0

Кoeffициент расчетной длины

Расчетная длина

В плоскости  $X_1OZ_1$   м

В плоскости  $X_1OY_1$   м

Случайный эксцентриситет по оси  $Z_1$   м

Случайный эксцентриситет по оси  $Y_1$   м

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительны е $k \cdot L$	Абсолютные	
		м	
<input type="checkbox"/> от всех нагрузок	0.007	7e-004	
<input type="checkbox"/> от временных нагрузок	0.007	7e-004	

Конструктивная группа  + Добавить

Список конечных элементов

Список групп

Дополнительная группа

2012

Рисунок 3.23 – Данные армирования для конструктивной группы «Колонны по периметру»

Армирование стержней

Общие параметры Бетон Трещиностойкость

Конструктивное решение

Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы	Диаметр
Продольная	A500	1	40
Поперечная	A240	1	

Тип элемента Сжато-изогнутый (раст.)

Напряженное состояние Одноосный и

Расстояние до ц.т. арматуры

$a_1$	$a_2$
м	м
0,06	0,06

Расчет по трещиностойкости

Статически неопределимая систем

Максимальный процент 10

Коэффициенты учета сейсмического воздействия

Нормальные сечения	0
Наклонные сечения	0

Кoeffициент расчетной длины

Расчетная длина

В плоскости  $X_1OZ_1$  0 м

В плоскости  $X_1OY_1$  0 м

Случайный эксцентриситет по оси  $Z_1$  0 м

Случайный эксцентриситет по оси  $Y_1$  0 м

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительны	Абсолютные
	$e$	м
<input type="checkbox"/> от всех нагрузок	0,007	7e-004
<input type="checkbox"/> от временных нагрузок	0,007	7e-004

Конструктивная группа колонны ферм

Список конечных элементов 710-717 2747-2754 2834-2841 29

Список групп колонны ферм

Дополнительная группа

2012

Добавить Удалить Справка Копировать Применить Выход

Рисунок 3.24 – Данные армирования для конструктивной группы «Колонны ферм»



Армирование стержней

Общие параметры Бетон Трещиностойкость

Конструктивное решение

Коэффициент надежности по ответственности 0.95

Арматура	Класс	Коэффициент условий работы	Диаметр
Продольная	A500	1	40
Поперечная	A240	1	

Тип элемента Сжато-изогнутый (раст.)

Напряженное состояние Одноосный и

Расстояние до ц.т. арматуры

$a_1$	$a_2$
м	м
0,06	0,06

Расчет по трещиностойкости

Статически неопределимая систем

Максимальный процент 10

Коэффициенты учета сейсмического воздействия

Нормальные сечения	0
Наклонные сечения	0

Кoeffициент расчетной длины

Расчетная длина

В плоскости  $X_1OZ_1$  0 м

В плоскости  $X_1OY_1$  0 м

Случайный эксцентриситет по оси  $Z_1$  0 м

Случайный эксцентриситет по оси  $Y_1$  0 м

Максимально допустимые вертикальные перемещения:	Относительны	Абсолютные
	$e$ $k \cdot L$	м
<input type="checkbox"/> от всех нагрузок	0,007	7e-004
<input type="checkbox"/> от временных нагрузок	0,007	7e-004

Конструктивная группа колонны трибун

Список конечных элементов 1813-2667

Список групп колонны трибун

Дополнительная группа

2012

Добавить Удалить Справка Копировать Применить Выход

Рисунок 3.25 - Данные армирования для конструктивной группы «Колонны трибун»

### 3.7. Расчет узлов

#### 3.7.1. Узел 1

Расчет узла решетчатой трубчатой конструкции, состоящей из одного не прерывающегося в узле трубчатого элемента, или  $n$  примыкающих элементов, на местный изгиб (промятие) стенки пояса следует производить для примыкания каждого элемента при расчетном сочетании усилий в элементах узла по формулам

$$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_{ij} \cdot \mu_i \cdot N_i \cdot \sin \alpha}{\psi_i}}{\gamma_{Dj} \cdot \gamma_{rj} \cdot S} \leq 1, \quad (3.7.1)$$

$$\frac{|N_j| \cdot \sin \alpha_j}{\psi_i \cdot 2S} \leq 1, \quad (3.7.2)$$

где  $i$  – номер примыкающего элемента;

$j$  – номер рассматриваемого примыкающего элемента;

$N_i, N_j$  – усилия в примыкающих элементах, Т;

$\mu_i$  – коэффициент при  $i=j$  определяемый по формуле

$$\mu_i = \frac{\gamma_{dj}}{\gamma_{zj}} + \frac{1,7M_j}{N_j \cdot l_{zj} \cdot \sin \alpha_j}, \quad (3.7.3)$$

где  $\gamma_{dj}$  – коэффициент влияния знака усилия в рассматриваемом примыкающем элементе;

$\gamma_{zj}$  – коэффициент влияния длины примыкания рассматриваемого элемента;

$M_j, N_j$  – усилия в рассматриваемом элементе, Тм, Т;

$l_{zj}$  – длина участка примыкания рассматриваемого элемента, определяем по формуле

$$l_{zj} = \frac{d_j}{\sin \alpha_j}, \quad (3.7.4)$$

где  $d_j$  – диаметр рассматриваемого примыкающего элемента, м;

$\gamma_{Dj}$  – коэффициент влияния продольной силы в поясе, определяемый по формуле

$$\gamma_{Dj} = 1 - 0,5 \cdot \left( \frac{F_j}{A \cdot R_y} \right)^2, \quad (3.7.5)$$

где  $F_j$  – расчетное сжимающее усилие в поясе со стороны растянутого элемента решетки, Т;

$A$  – площадь сечения пояса, м<sup>2</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали пояса, Т/м<sup>2</sup>;

$\gamma_{rj}$  – коэффициент влияния подкрепления стенки пояса в узле поперечными ребрами, диафрагмами и т.п.;

$S$  – характеристика несущей способности пояса, Т, определяемая по формуле

$$S = 13(1 + 0,02\delta) \cdot t^2 \cdot R_y, \quad (3.7.6)$$

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021					

где  $t$  – толщина стенки пояса,  $m$ ;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали пояса,  $T/m^2$ ;

$\delta$  – токостенность пояса, определяемая по формуле

$$\delta = \frac{D}{t}, \quad (3.7.7)$$

где  $D$  – наружный диаметр сечения пояса,  $m$ ;

$t$  – толщина стенки сечения пояса

$$\varepsilon_{ij} = 1 - \frac{1,3 \cdot \zeta_{ij} \cdot (1 + 0,02\delta)}{1 + 0,04\delta}, \quad (3.7.8)$$

где  $\delta$  – то же, что в формуле (3.7.7);

$\zeta_{ij}$  – коэффициент, зависящий от  $g_{ij}$  – наименьшего расстояния вдоль оси пояса между сварными швами, прикрепляющими к поясу рассматриваемый и смежный элементы решетки, принимаемый при  $g_{ij} = 0$  равным 0,6, при  $0 \leq g_{ij} \leq D$  определяется по формуле

$$\zeta_{ij} = 1 - 0,4 \cdot \left(1 - \frac{g_{ij}}{D}\right)^4, \quad (3.7.9)$$

где  $D$  – то же, что в формуле (3.7.8)

$\psi_i$  – коэффициент, зависящий от коэффициента  $\beta_i$ , определяемого при  $\beta_i \leq 0,7$  по формуле

$$\psi_i = 1,05 \cdot \beta_i \cdot (1 + 0,15 \cdot \beta_i^8), \quad (3.9.10)$$

где  $\beta_i$  – отношение ширины примыкания смежного элемента к диаметру пояса, определяемое по формуле

$$\beta_i = \frac{d_i}{D}, \quad (3.9.11)$$

где  $d_i$  – диаметр элемента, примыкающего к поясу,  $m$ .

Конструкция узла представлена на рисунке 3.7.1.

Так как в узле каждый элемент решетки пересекается с другими смежными элементами, то в формуле (3.7.1) вместо усилия  $N_i \cdot \sin \alpha$  принимаем приведенное усилие  $P_{eff}$ , определяемое по формуле

$$P_{eff} = P_j + \sum \xi_{kj} \cdot P_{ki}, \quad (3.7.12)$$

где  $P_j$  – усилие в рассматриваемом элементе,  $T$ ;

$P_{ki}$  – усилие в элементе, пересекающемся с рассматриваемым,  $T$ ;

$\xi_{kj}$  – доля периметра сечения смежного элемента, соответствующая участку его пересечения с рассматриваемым, определяемая по формуле

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$\xi_{kj} = \frac{l_{kj}}{\pi \cdot d_k}, \quad (3.7.13)$$

где  $l_{kj}$  - длина участка периметра сечения смежного элемента, соответствующая пересечению с рассматриваемым, м;  
 $d_k$  - наружный диаметр смежного элемента, м.

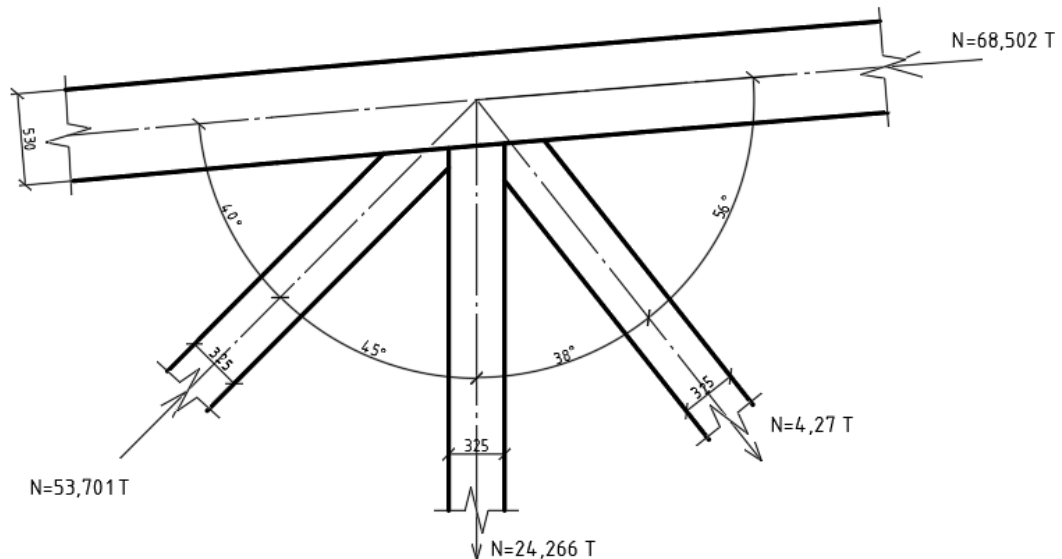


Рисунок 3.7.1 – Узел 1

Принимаем расчетные усилия в раскосах:

- раскос 1:  $N_1=53,701 \text{ T}$ ,  $M_1=1,14 \text{ Tm}$ ;
- стойка 2:  $N_2=24,266 \text{ T}$ ,  $M_2=0,693 \text{ Tm}$ ;
- раскос 1:  $N_3=4,27 \text{ T}$ ,  $M_3=0,905 \text{ Tm}$ .

Усилие в поясе со стороны растянутого элемента решетки  $F = 68,502 \text{ T}$ , наружный диаметр пояса  $D = 530 \text{ мм}$ , наружный диаметр стоек и раскосов –  $325 \text{ мм}$ .

Определим коэффициенты по формулам (3.7.7) – (3.7.5).

$$\delta = \frac{0,530}{0,005} = 106.$$

$$S = 13(1 + 0,02 \cdot 106) \cdot 0,05^2 \cdot 42800 = 4339,92 \text{ T}.$$

$$\gamma_D = 1 - 0,5 \cdot \left( \frac{68,502}{0,009 \cdot 42800} \right)^2 = 0,999.$$

Коэффициент  $\gamma_{ij}$  принимаем равным 1, так как отсутствует подкрепление стенки пояса.

Расчет элементов сведем в таблицу 3.7.1.

Таблица 3.7.1 – Расчет элементов узла 1

Элементы	$\xi_{kj}$	$P_{efj}, T$	$\beta_i$	$\psi_i$	$\zeta_{ij}$	$\varepsilon_{ij}$	$\frac{l_{zj}'}{m}$	$\mu_i$	$\frac{P_{ef}}{2\psi S}$
Раскос 1 - Раскос 1	1	107,40	0,61	0,646	1,0	0,23	0,51	1,18	0,012
Раскос 1 - Стойка 2	0,325	61,59	0,61	0,646	1,0	0,23	0,46	1,18	0,007
Стойка 2 - Раскос 1	0,275	39,03	0,61	0,646	1,0	0,23	0,46	1,24	0,004
Стойка 2 - Стойка 2	1	48,53	0,61	0,646	1,0	0,23	0,46	1,22	0,006
Стойка 2 - Раскос 3	0,275	25,44	0,61	0,646	1,0	0,23	0,53	1,22	0,003
Раскос 3 - Стойка 2	0,38	13,49	0,61	0,646	1,0	0,23	0,53	2,18	0,002
Раскос 1 - Раскос 3	0,275	54,88	0,61	0,646	1,0	0,23	0,33	1,18	0,006
Раскос 3 - Раскос 1	0,402	25,86	0,61	0,646	1,0	0,23	0,33	2,18	0,003
Раскос 3 - Раскос 3	1	8,54	0,61	0,646	1,0	0,23	0,39	2,18	0,001

Условие из формулы (3.7.2) выполняется для всех элементов решетки.  
Проверим условие (3.7.1)

$$\left( \left( \frac{0,23 \cdot 1,18 \cdot 107,4}{0,646} \right) + \left( \frac{0,23 \cdot 1,18 \cdot 61,59}{0,646} \right) + \left( \frac{0,23 \cdot 1,24 \cdot 39,03}{0,646} \right) + \left( \frac{0,23 \cdot 1,22 \cdot 48,53}{0,646} \right) + \right. \\ \left. \left( \frac{0,23 \cdot 1,22 \cdot 25,44}{0,646} \right) + \left( \frac{0,23 \cdot 2,18 \cdot 13,49}{0,646} \right) + \left( \frac{0,23 \cdot 1,18 \cdot 54,88}{0,646} \right) + \left( \frac{0,23 \cdot 2,18 \cdot 25,86}{0,646} \right) + \right. \\ \left. \left( \frac{0,23 \cdot 2,18 \cdot 8,54}{0,646} \right) \right) / (0,999 \cdot 1 \cdot 4339,92) = 0,042 < 1.$$

Прочность стенки пояса обеспечена.

Проверим прочность сварных швов:

Сварка – механизированная, порошковой проволокой Св-10ГН под флюсом АН-43, электрод – Э50.

Коэффициенты  $\beta_f = 0,9$ ,  $\beta_z = 1,05$ .

Расчетные сопротивления сварных соединений принимаем согласно [12, табл. 4]:

										Лист
										55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021					

- по металлу шва:  $R_{wf} = 215 \text{ МПа}$

- по границы сплавления:  $R_{wz} = 220,5 \text{ МПа}$ .

Так как  $\frac{\beta_f \cdot R_{wf}}{\beta_z \cdot R_{wz}} = \frac{0,9 \cdot 215}{1,05 \cdot 220,5} = 0,83 < 1$ , то расчет ведем на срез по металлу

шва.

Принимаем катет шва  $k_f = 10 \text{ мм}$  и проверяем прочность шва по формуле

$$N \leq 0,85 \beta_f k_f l_w R_{wf}, \quad (3.7.14)$$

где  $N$  - продольная сила в элементе,  $T$ ;

$\beta_f$  - коэффициент, принимаемый по [12, табл. 39];

$k_f$  - катет шва,  $m$ ;

$l_w$  - суммарная длина сварного шва,  $m$ ;

$R_{wf}$  - расчетное сопротивление металла шва,  $T/mm^2$ .

Для раскоса 1:

$$53,701 \leq 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,01 \cdot 0,34 \cdot 21900 = 56,96T$$

Для стойки 2:

$$24,266 \leq 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,01 \cdot 0,186 \cdot 21900 = 31,16T.$$

Для раскоса 3:

$$4,27 \leq 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,01 \cdot 0,113 \cdot 21900 = 18,93T.$$

Прочность сварных швов обеспечена.

### 3.7.2. Узел 2

Расчет выполним по формулам (3.7.1) – (3.7.11). Узел 2 представлен на рисунке 3.9.2.

Принимаем расчетные усилия в элементе:

- стойка 1:  $N_1 = -76,109T, M_1 = 3,6Tm$ .

$$\beta_1 = \frac{0,325}{0,53} = 0,61.$$

$$\psi_1 = 1,05 \cdot 0,61 \cdot (1 + 0,15 \cdot 0,61^8) = 0,64.$$

$$\zeta_1 = 0,6, \text{ так как } g_1 = 0.$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{1,3 \cdot 0,6 \cdot (1 + 0,02 \cdot 106)}{1 + 0,04 \cdot 106} = 0,46.$$

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП-08.05.01-2021

$$l_{ej} = \frac{0,325}{0,994} = 0,327.$$

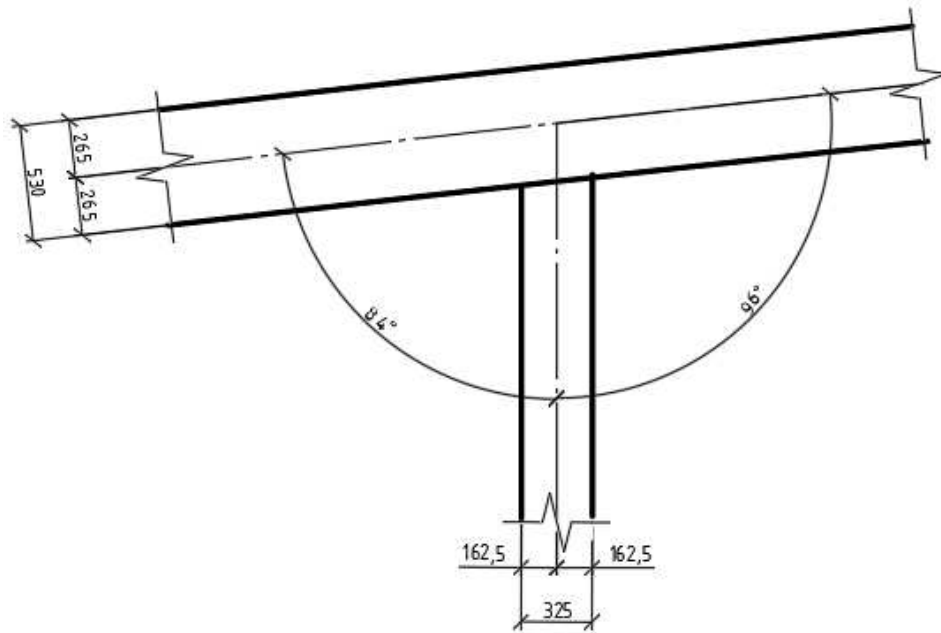


Рисунок 3.7.2 – Узел 2

$$\mu = \frac{1}{1} + \frac{1,7 \cdot 3,6}{76,11 \cdot 0,327 \cdot 0,994} = 1,25.$$

$$\frac{0,46 \cdot 1,25 \cdot 76,11 \cdot 0,994}{0,64} = 0,016 < 1.$$

$$\frac{76,11 \cdot 0,996}{0,64 \cdot 2 \cdot 4339,92} = 0,014 < 1.$$

Условие выполняется.

Проверку прочности сварного шва выполняем по формуле (3.7.14).

$$76,11 \leq 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,01 \cdot 1,07 \cdot 21900 = 179,26 T.$$

### 3.7.3. Узел 3

Расчетные усилия в поясе:

$$N = 2506,885 T, M = 402,207 T \cdot m.$$

Определим размеры фланца для соединения поясов между собой. Необходимое расстояние от оси пояса до оси бота по формуле:

$$D_6 = D + 2 \cdot (S_1 + d_6 + И), \quad (3.7.15)$$

где  $D$  – внутренний диаметр трубы, мм;

$S_1$  – толщина стенки трубы, мм;

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

$d_6$  – диаметр болта, мм;  
И – нормативный зазор между гайкой и втулкой, принимаемый равным 6 мм.

Принимаем болты М56. Подставляя значения в формулу (3.7.15), получаем

$$D_6 = 1380 + 2 \cdot (20 + 56 + 6) = 1548 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр фланца определяем по формуле

$$D_H = D_6 + a, \quad (3.7.16)$$

где  $a$  – конструктивная добавка для размещения гаек по диаметру фланца, для болта М56 принимаем 87 мм.

$$D_H = 1548 + 87 = 1635 \text{ мм.}$$

Принимаем наружный диаметр фланца 1700 мм.

Толщину фланца определяем по формуле

$$t_{\text{фл}} = \sqrt{\frac{6M_{\text{max}}}{b \cdot R_y \cdot \gamma_c}} \quad (3.7.17)$$

где  $M_{\text{max}}$  – максимальный момент в соединении Тм;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали, Т/м<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$b$  – ширина ослабленного сечения фланца, м, определяемая по формуле

$$b = D_H - D_m - 2 \cdot d_6, \quad (3.7.18)$$

где  $D_m$  – наружный диаметр трубы, мм;

Принимая  $D_m = 1420$  мм, получаем

$$b = 1650 - 1420 - 2 \cdot 56 = 118 \text{ мм}$$

Подставляя значения в формулу (3.7.17), получаем

$$t_{\text{фл}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 402,21}{0,118 \cdot 42800}} = 0,38 \text{ м.}$$

Принимаем фланец размерами  $\text{Ø}1700 \times 400$  мм.

Определим количество болтов во фланцевом соединении по формуле

$$N \leq n \cdot P_{bh}, \quad (3.7.19)$$

где  $n$  – количество болтов, шт;

$P_{bh}$  – усилие предварительного натяжения болта, определяемое по формуле



$$P_{bh} = \gamma_{b0} \cdot R_{bh} \cdot A_{bn}, \quad (3.7.20)$$

где  $\gamma_{b0} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий явление релаксации при предварительном натяжении болтов;

$R_{bh}$  - расчетное сопротивление высокопрочного болта, принимаемое для болтов М56 – 480 МПа.

Подставляя в формулу (3.7.20), получаем

$$P_{bh} = 0,9 \cdot 4,895 \cdot 20,29 = 89,77.$$

Количество болтов

$$n = \frac{2506,885}{89,7} = 19,16$$

Принимаем 20 болтов.

Проверка прочности сварного шва:

Сварка – механизированная, порошковой проволокой Св-10ГА, электрод – Э60.

Коэффициенты  $\beta_f = 0,9, \beta_z = 1,05$ .

Расчетные сопротивления сварных соединений принимаем согласно [12, табл. 4]:

- по металлу шва:  $R_{wf} = 240$  МПа

- по границы сплавления:  $R_{wz} = 243$  МПа.

Так как  $\frac{\beta_f \cdot R_{wf}}{\beta_z \cdot R_{wz}} = \frac{0,9 \cdot 240}{1,05 \cdot 243} = 0,85 < 1$ , то расчет ведем на срез по металлу

шва.

Принимаем катет шва по [12, табл. 38]  $k_f = 22$  мм и проверяем прочность шва по формуле

$$\frac{N}{\beta_f (k_f + 0,02) l_w} \leq R_{wf}, \quad (3.7.21)$$

где  $N$  - расчетное усилие, Т;

$\beta_f$  - коэффициент, определяемый по таблице [12, табл. 39];

$R_{wf}$  - расчетное сопротивление стали по металлу шва, т/м<sup>2</sup>;

$l_w$  - расчетная длина сварного шва, м, принимаемая на 10 мм меньше ее полной длины, определяемая по формуле

$$l_w = \pi \cdot D_m - 0,01, \quad (3.7.22)$$

где  $D_m$  - то же, что в формуле (3.7.18).

$$l_w = \pi \cdot 1,420 - 0,01 = 4,45 \text{ м.}$$

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$\frac{1506}{0,9(0,022 + 0,002)4,45} = 15667,92 \leq R_{wf} = 24500 \text{ т} / \text{м}^2.$$

Условие прочности выполняется.

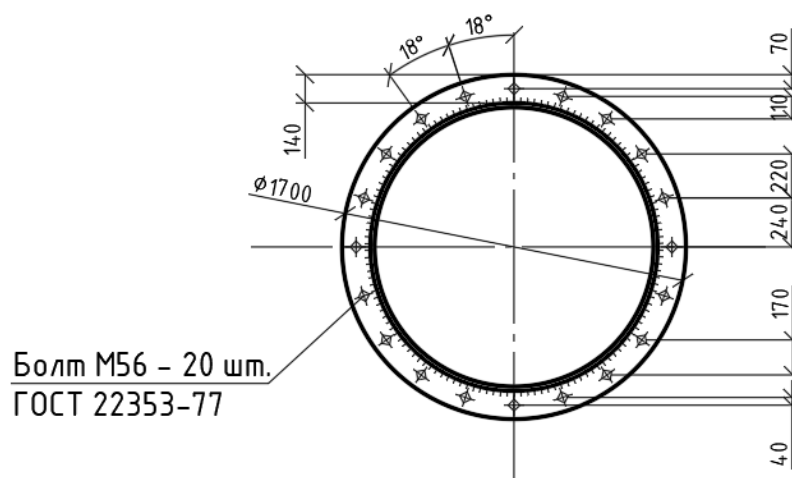


Рисунок 3.7.3 – Узел 3

### 3.7.4. Узел 4

Расчетные усилия в поясе:

$$N = 11,086 \text{ Т}, M = 6,1 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Принимаем болты М24. Подставляя значения в формулу (3.7.15), получаем

Определим размеры фланца для соединения поясов между собой. Необходимое расстояние от оси пояса до оси бота по формуле:

$$D_6 = 519 + 2 \cdot (5,5 + 24 + 6) = 590 \text{ мм}.$$

Наружный диаметр фланца определяем по формуле (3.7.16), принимая  $a=47 \text{ мм}$  для болта М24.

$$D_H = 590 + 47 = 637 \text{ мм}.$$

Принимаем наружный диаметр фланца 650 мм.

Толщину фланца определяем по формуле (3.7.17), предварительно определив ширину ослабленного сечения фланца по формуле (3.7.18)

$$b = 650 - 530 - 2 \cdot 24 = 72 \text{ мм}.$$

$$t_{\text{фл}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 6,1}{0,072 \cdot 42800}} = 0,108 \text{ м}.$$

Принимаем фланец размерами  $\text{Ø}650 \times 110 \text{ мм}$ .

Определим необходимое количество болтов по формулам (3.7.19), (3.7.20), приняв  $R_{bh} = 755 \text{ МПа}$  для болтов М24.

$$P_{bh} = 0,9 \cdot 7,7 \cdot 2,45 = 16,98 \text{ Т}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

60

Количество болтов

$$n = \frac{11,086}{16,98} = 0,6.$$

Принимаем 2 болта М24.

Проверка прочности сварного шва:

Характеристики сварки принимаем аналогично узлу 3.

Принимаем катет шва по  $k_f = 8$  мм и проверяем прочность шва по формуле (3.7.21), предварительно определив длину шва  $l_w$  по формуле (3.7.22), принимая  $D_t = 0,530$  м.

$$l_w = \pi \cdot 0,530 - 0,01 = 1,655 \text{ м}.$$

$$\frac{11,086}{0,9(0,08 + 0,002)1,655} = 90,76 \text{ т} / \text{м}^2 \leq R_{wf} = 22000 \text{ т} / \text{м}^2.$$

Прочность шва обеспечена.

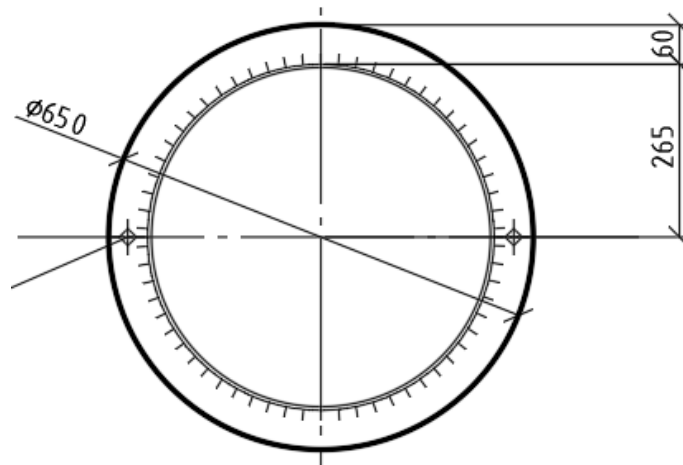


Рисунок 3.7.4 – Узел 4

### 3.7.5. Узел 5

Расчетные усилия в поясе:

$$N = 29,08 \text{ Т}, M = 3,13 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Принимаем болты М24. Подставляя значения в формулу (3.7.15), получаем

Определим размеры фланца для соединения поясов между собой. Необходимое расстояние от оси пояса до оси бота по формуле:

$$D_6 = 415 + 2 \cdot (5,5 + 24 + 6) = 486 \text{ мм}.$$

Наружный диаметр фланца определяем по формуле (3.7.16), принимая  $a=47$  мм для болта М24.

$$D_H = 486 + 47 = 533 \text{ мм}.$$

Принимаем наружный диаметр фланца 550 мм.

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП-08.05.01-2021

Толщину фланца определяем по формуле (3.7.17), предварительно определив ширину ослабленного сечения фланца по формуле (3.7.18)

$$b = 550 - 426 - 2 \cdot 24 = 76 \text{ мм.}$$

$$t_{\text{фл}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 3,13}{0,076 \cdot 42800}} = 0,076 \text{ м.}$$

Принимаем фланец размерами  $\text{Ø}650 \times 80 \text{ мм}$ .

Определим необходимое количество болтов по формулам (3.7.19), (3.7.20), приняв  $R_{bh} = 755 \text{ МПа}$  для болтов М24.

$$P_{bh} = 0,9 \cdot 7,7 \cdot 2,45 = 16,98 \text{ Т.}$$

Количество болтов

$$n = \frac{29,08}{16,98} = 1,7.$$

Принимаем 2 болта М24.

Проверка прочности сварного шва:

Характеристики сварки принимаем аналогично узлу 3.

Принимаем катет шва по  $k_f = 8 \text{ мм}$  и проверяем прочность шва по формуле (3.7.21), предварительно определив длину шва  $l_w$  по формуле (3.7.22), принимая  $D_i = 0,426 \text{ м}$ .

$$l_w = \pi \cdot 0,426 - 0,01 = 1,328 \text{ м.}$$

$$\frac{29,08}{0,9(0,08 + 0,002)1,328} = 296,72 \text{ т / м}^2 \leq R_{wf} = 22000 \text{ т / м}^2.$$

Прочность шва обеспечена.

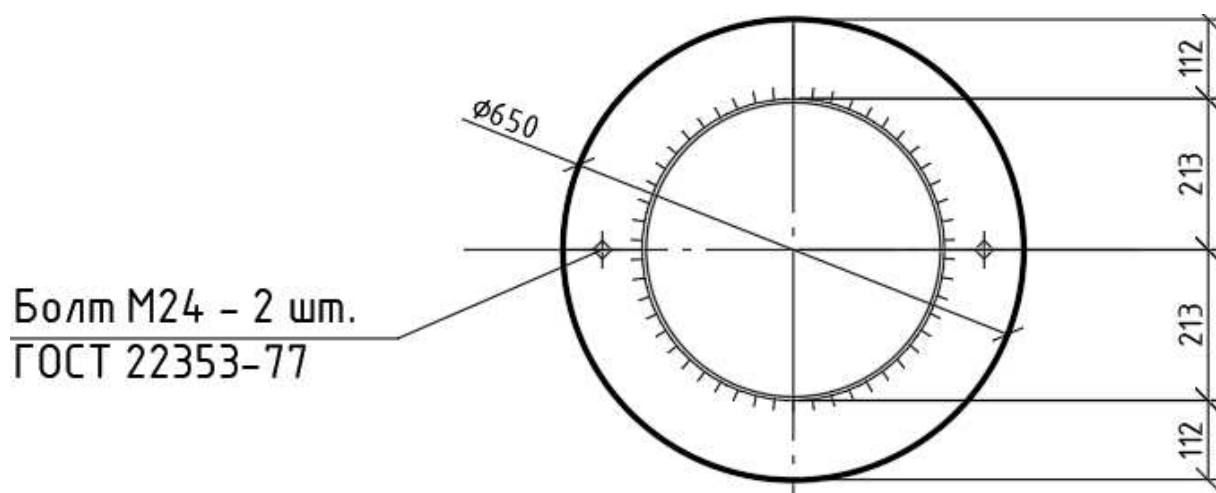


Рисунок 3.7.5 – Узел 5

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

### 3.7.6. Узел 6

Опорный узел проектируем в виде шарнирного опирания фермы. Опорную стойку запроектируем из обрезка трубы.

Расчетные усилия:

- верхний пояс:  $N_{в.п.} = 986 \text{ T}$ ;

- нижний пояс:  $N_{н.п.} = 51,33 \text{ T}$ .

Определим равнодействующее усилие от нижних поясов по формуле

$$F_{н.п.} = 2 \cdot N_{н.п.} \cdot \frac{\cos \alpha}{2}, \quad (3.7.25)$$

где  $N_{н.п.}$  - усилие в нижнем поясе, T;

$\alpha$  - угол между элементами нижнего пояса.

$$F_{н.п.} = (51,33 + 27,45) \cdot \frac{0,934}{2} = 36,77 \text{ T}.$$

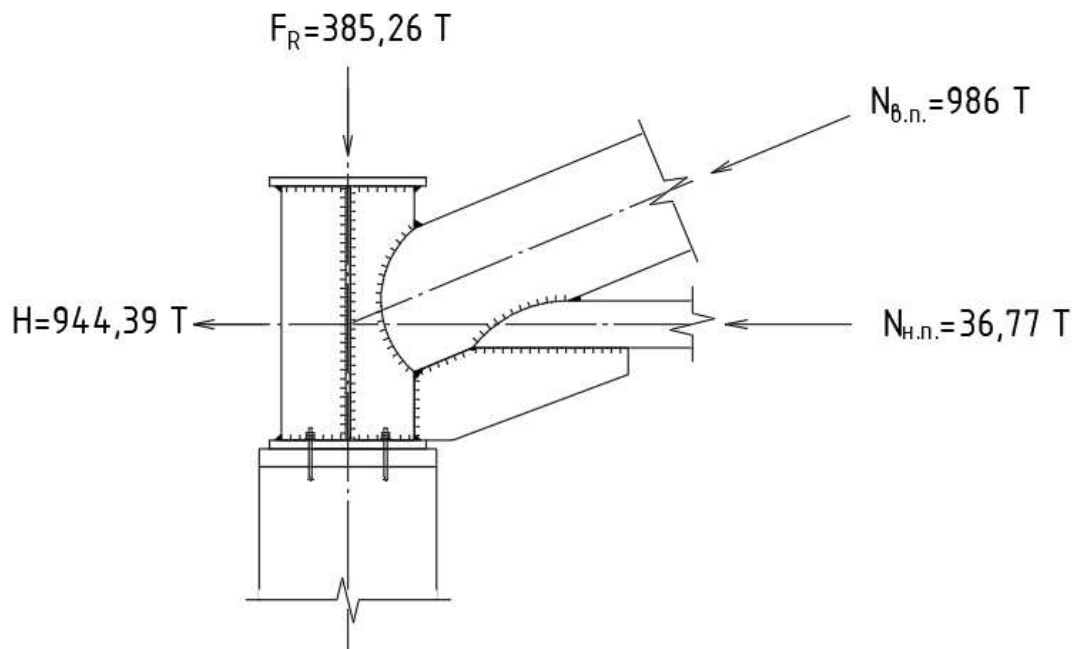


Рисунок 3.7.6 – Опорный узел

Определим опорное давление фермы  $F_R$

$$F_R = (N_{в.п.}) \cdot \sin \beta, \quad (3.7.26)$$

где  $\beta$  - угол между верхним поясом и перпендикуляром.

$$F_R = 986 \cdot 0,391 = 385,26 \text{ T}.$$

Горизонтальная силу  $H$  определим по формуле

$$H = N_{в.п.} \cdot \cos \tau + F_{н.п.}, \quad (3.7.27)$$

где  $\cos\tau$  - угол между верхним и нижним поясами.

$$H = 986 \cdot 0,92 + 36,77 = 944,39T.$$

Рассчитаем на местный изгиб (промятие) стенку верхнего пояса, при присоединении к нему нижнего. Расчет выполняем по формулам (3.7.1) – (3.7.11).

$$\beta_1 = \frac{0,53}{1,42} = 0,37.$$

$$S = 13(1 + 0,02 \cdot 71) \cdot 0,02^2 \cdot 42800 = 538,59T.$$

$$\psi_i = 1,05 \cdot 0,37 \cdot (1 + 0,15 \cdot 0,37^8) = 0,388.$$

$$\zeta = 0,6, \text{ так как } g = 0.$$

$$\varepsilon_{ij} = 1 - \frac{1,3 \cdot 0,6 \cdot (1 + 0,02 \cdot 71)}{1 + 0,04 \cdot 71} = 0,508.$$

$$l_{ej} = \frac{0,53}{0,39} = 1,36$$

$$\mu_i = \frac{1}{1} + \frac{1,7 \cdot 10,66}{36,77 \cdot 1,36 \cdot 0,39} = 1,93.$$

$$\frac{0,508 \cdot 1,93 \cdot 36,77 \cdot 0,39}{0,388} = 0,07 \leq 1.$$

$$\frac{36,77 \cdot 0,39}{0,388 \cdot 2 \cdot 538,59} = 0,03 \leq 1.$$

Проверку сварного шва выполним по формуле (3.7.14).

$$36,77 \leq 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,012 \cdot (\pi \cdot 0,53 - 0,01) \cdot 21900 = 332,73T.$$

Рассчитаем на местный изгиб (промятие) стенку обреза трубы, при присоединении к нему верхнего пояса. Расчет выполняем по формулам (3.7.1) – (3.7.11).

$$\beta_1 = \frac{1,42}{1,42} = 1.$$

$$S = 13(1 + 0,02 \cdot 71) \cdot 0,02^2 \cdot 42800 = 538,59T.$$

$$\psi_i = 1,05 \cdot 1 \cdot (1 + 0,15 \cdot 1^8) = 1,21.$$

$\zeta = 0,6$  , так как  $g = 0$  .

$$\varepsilon_{ij} = 1 - \frac{1,3 \cdot 0,6 \cdot (1 + 0,02 \cdot 71)}{1 + 0,04 \cdot 71} = 0,508.$$

$$l_{ej} = \frac{1,42}{0,92} = 1,53$$

$$\mu_i = \frac{1}{1} + \frac{1,7 \cdot 562}{986 \cdot 1,53 \cdot 0,92} = 1,69.$$

$$\frac{0,508 \cdot 1,69 \cdot 986 \cdot 0,92}{1,21} = 0,97 \leq 1.$$

$$\frac{986 \cdot 0,92}{1,21 \cdot 2 \cdot 538,59} = 0,7 \leq 1.$$

Проверку сварного шва выполним по формуле (3.7.21).

$$\frac{944,39}{0,9(0,02 + 0,002) \cdot (\pi \cdot 1,42 - 0,01)} = 10715T / м^2 \leq R_{wf} = 24500T / м^2.$$

Условие прочности выполняется, но для большей надежности дополнительно укрепим соединение ребром жесткости. Толщину ребра принимаем

Длину ребра принимаем из условия  $l_r \geq 1,7D_m$  . Получаем

$$l_r = 1,7 \cdot 1,42 = 2,41 м .$$

Принимаем поперечное ребро размерами 800 мм,  $t_r = 50 мм$  .

Определим длину сварного шва с учетом поперечного ребра

$$l_w = (\pi \cdot 1,42 - 0,01) + 2 \cdot 0,8 - 0,01 = 6,04 м .$$

$$\frac{944,39}{0,9(0,02 + 0,002) \cdot 6,04} = 7897T / м^2 \leq R_{wf} = 24500T / м^2.$$

Определим толщину опорной плиты по формуле (3.7.17), принимая  $M_{max} = 358T \cdot м$  .

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{max}}{R_y \cdot \gamma_c}} \sqrt{\frac{6 \cdot 385}{42800 \cdot 1,15}} = 0,19 м .$$

Принимаем ширину опорной плиты 200 мм.

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

Принимаем высоту ребра  $h_r = 2,83\text{ м}$  и проверяем прочность на срез по формуле

$$\tau = \frac{1,5 \cdot Q_r}{A_r} \leq R_s = \frac{0,58 \cdot R_{yn}}{1,025}, \quad (3.7.28)$$

где,  $A_r$  - площадь сечения ребра,  $\text{м}^2$ ;

$R_s$  - расчетное сопротивление стали срезу,  $\text{Т} / \text{м}^2$ ;

$Q_r$  - поперечная сила, определяемая по формуле

$$Q_r = 0,5 \cdot B \cdot b \cdot (\sigma_{\max} + \sigma_1) \cdot 0,5, \quad (3.7.29)$$

где,  $B$  - ширина опорной плиты,  $\text{м}$ ;

$\sigma_{\max}$  - максимальные напряжения в опорной плите,  $\text{Т} / \text{м}^2$ ;

$b$  - расстояние от опорной плиты до места крепления ребра к продольному ребру, определяемые по формуле

$$\sigma_1 = \sigma_{\min} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \cdot \frac{L-b}{L}, \quad (3.7.30)$$

где  $\sigma_{\max}, \sigma_{\min} = \frac{N}{B \cdot L} \pm \frac{6 \cdot M}{B \cdot L^2}$ .

$$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} = \frac{385,26}{2 \cdot 2} \pm \frac{6 \cdot 358}{2 \cdot 2^2} = 364,82; -172,18 \text{ Т} / \text{м}^2.$$

$$\sigma_1 = -172,18 + (364,82 + 172,18) \cdot \frac{2-1}{2} = 95,91 \text{ Т} / \text{м}^2.$$

$$Q_r = 0,5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot (385,26 + 95,91) \cdot 0,5 = 240,58 \text{ Т}.$$

$$\tau = \frac{1,5 \cdot 240,58}{2,8 \cdot 10^{-2}} = 12888 \text{ Т} / \text{м}^2 \leq R_s = \frac{0,58 \cdot 440}{1,025} = 25300 \text{ Т} / \text{м}^2.$$

Условие выполняется.

Выполним расчет ребра на прочность на изгиб по формуле

$$\sigma = \frac{M_r}{W_r} \leq R_y, \quad (3.7.31)$$

где,  $W_r$  - момент сопротивления сечения,  $\text{м}^3$ ;

$M_r$  - изгибающий момент, определяемый по формуле

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



$$M_r = Q_r \cdot y, \quad (3.7.32)$$

где  $Q_r$  - то же, что в формуле (3.7.29);

$y$  - расстояние от центра тяжести эпюры напряжения плиты до места крепления поперечного ребра.

$$M_r = 240,58 \cdot 0,36 = 86,6 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

$$\sigma = \frac{86,6}{0,05 \cdot 1^2} = 1732 \text{ Т} / \text{м}^2 \leq R_y = 42800 \text{ Т} / \text{м}^2.$$

Прочность на изгиб обеспечена.

Прочность сварных швов:

Сварка – механизированная, порошковой проволокой Св-10Г2, электрод – Э60.

Принимаем катет шва  $k_f = 14 \text{ мм}$  и проверяем прочность шва

$$\sqrt{\left(\frac{M_{tr}}{W_{wf}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{tr}}{A_{wf}}\right)^2} \leq R_{wf},$$

где,  $A_{wf}$  - площадь сварного шва, определяемая по формуле

$$A_{wf} = \beta_f \cdot k_f \cdot l_w. \quad (3.7.33)$$

$W_{wf}$  - момент сопротивления шва, определяемый по формуле

$$W_{wf} = \frac{\beta_f \cdot k_f \cdot l_w^2}{6}. \quad (3.7.34)$$

$$W_{wf} = \frac{0,9 \cdot 0,014 \cdot 1^2}{6} = 0,0126 \text{ м}^3.$$

$$A_{wf} = 0,9 \cdot 0,014 \cdot 1 = 0,0126 \text{ м}^2.$$

$$\sqrt{\left(\frac{86,6}{0,0126}\right)^2 + \left(\frac{240,58}{0,0126}\right)^2} = 20293 \text{ Т} / \text{м}^2 \leq R_{wf} = 21900 \text{ Т} / \text{м}^2.$$

Прочность шва обеспечена.

Расчет фундаментных анкеров:

Для расчета анкеров необходимо принять такую комбинацию усилий, которая при минимальной продольной силе даст максимальный изгибающий момент, при этом для постоянной нагрузки принимается коэффициент 0,9.

Растягивающие усилия в одном анкерном болте определяем по формуле

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$Z = \frac{M_x - N_{\min} \cdot a}{y_0}, \quad (3.7.35)$$

где  $M_x, N_{\min}$  - расчетный изгибающий момент и продольная сила для анкерной комбинации нагрузок;

$a$  - расстояние от центра тяжести эпюры сжатой зоны до геометрической оси колонны, м;

$y_0$  - расстояние от оси анкерных болтов до центра тяжести сжатой зоны эпюры напряжений, м.

$$Z = \frac{585 - 907 \cdot 0,62}{1,333} = 16,9997.$$

Требуемая площадь нетто определяем по формуле

$$A_{bn} = \frac{Z}{n \cdot R_{bn}}, \quad (3.7.36)$$

где  $n$  - количество анкерных болтов в растянутой зоне, шт;

$R_{bn}$  - расчетное сопротивление растяжению анкерных болтов.

$$A_{bn} = \frac{17}{2 \cdot 20300} = 0,00042 \text{ м}^2.$$

Площадь сечения нетто анкерного болта  $A_{bn} = 4,2 \text{ см}^2$  соответствует болту  $d = 30 \text{ мм}$ .

											Лист
											68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021						

## 4. Расчет фундаментов

### 4.1. Исходные данные

Проектирование фундаментов начинается с оценки грунтовых условий, нахождения расчетных характеристик грунта, результаты которых сводятся в таблицу 4.1.1.

Инженерно-геологические условия площадки строительства выявлены до глубины 30 м.

Инженерно-геологическая колонка представлена на рисунке 4.1.1.

Физико-механические характеристики грунтов представлены в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Физико-механические характеристики грунтов

Полное наименование грунта	h, м	Плотность			Удельный вес, кН/м <sup>3</sup>		W, д.е	Классификационные показатели			Механические характеристики			R <sub>0</sub> , кПа
		ρ	ρ <sub>s</sub>	ρ <sub>d</sub>	γ	γ <sub>sb</sub>		e	Sr	I <sub>L</sub>	E, МПа	с, кПа	φ, град	
Насыпной грунт (песок)	3,0	1,62	2,66	1,49	16,20	9,28	0,09	0,79	0,30	-	-	-	-	-
Песок мелкий, средней плотности, малой степени водонасыщения	3,0	1,80	2,66	1,64	18,00	10,21	0,10	0,63	0,43	-	30,0	2,4	32,8	300
Песок пылеватый, средней плотности, насыщенный водой	1,5	1,94	2,66	1,59	19,40	9,92	0,22	0,67	0,87	-	16,6	3,6	29,2	100
Суглинок полутвердый	7,0	1,92	2,71	1,61	19,20	10,18	0,19	0,68	0,76	0,9	20,5	29,2	23,7	195,22
Скала	н.п	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Наиболее неблагоприятные комбинации загрузки приведены в таблице 4.1.2.



$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{2,71 - 1,61}{1,61} = 0,68$$

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = \frac{0,19 \cdot 2,66}{0,68 \cdot 1} = 0,76 \text{ т/м}^3$$

## 4.2. Расчет столбчатого фундамента под колонну фермы

### 4.2.1. Определение глубины заложения фундамента

Глубина заложения фундамента принимается как наибольшая из трех условий:

- конструктивного (обеспечение заделки колонны и наименьшей толщины плиты);
- промерзания в пучинистых грунтах;
- заглубления подошвы фундамента в слой грунта с лучшими пучинистыми свойствами (более прочный и менее деформативный).

Отметку верха ростверка принимаем -0.600 от уровня планировки.

Расчетная глубина промерзания определяется по формуле

$$d_f = k_n \cdot d_{fn}, \quad (4.2.1)$$

где  $d_{fn}$  – нормативная глубина промерзания.

$k_n$  – коэффициент влияния теплового режима сооружения. Согласно [14, п. 5.5.4] принимаемый для наружных фундаментов отапливаемых сооружений с полами по грунту 0,7.

Согласно [14] нормативная глубина промерзания, при отсутствии данных многолетних наблюдений, определяется по формуле

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (4.2.2)$$

где  $d_0$  – коэффициент, зависящий от типа грунта, супесей, песков мелких и пылеватых – 0,28;

$M_t$  – коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений отрицательных среднемесячных температур за год по [15].

$$d_{fn} = 0,28 \sqrt{25,5 + 20,2 + 9,6 + 0,8 + 13 + 22,6 + 1,8} = 2,71 \text{ м.}$$

Для мелких и пылеватых песков нормативную глубину промерзания увеличивают на 25%.

$$d_f = 0,7 \cdot 2,71 \cdot 1,25 = 2,37 \text{ м.}$$

Так как верхний слой – насыпной грунт, при проектировании глубины заложения, мы должны пройти этот слой и заглубиться в кровлю следующего слоя не менее чем на 0,3 м.

					ДП-08.05.01-2021	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Глубина заложения фундамента определяется как наибольшая из перечисленных условий, округляется и принимается кратной модулю 150 мм. При этом высота фундамента должна быть кратна 300 мм.

Принимаем глубину заложения – 3,45 м.

#### 4.2.2. Определение предварительных размеров подошвы фундамента

Площадь подошвы определяют по формуле (4.2.3)

$$A = \frac{N_{0II}/\gamma_f}{R_0 - \gamma_{mt} \cdot d}, \quad (4.2.3)$$

где  $N_{0II}$  – сумма действующих на фундамент вертикальных нагрузок по II предельному состоянию, Т;

$\gamma_{mt}$  – среднее значение удельного веса грунта и бетона.  $\gamma_{mt} = 20 \text{ кН/м}^3$ ;

$d$  – глубина заложения фундамента;

$R_0$  – расчетное сопротивление грунта;

$\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке.

$$A = \frac{166,16/1,15}{300 \cdot 10^{-1} - 20 \cdot 10^{-1} \cdot 3,45} = 9,25 \text{ м}^2.$$

Ширину фундамента  $b$ , м, и длину  $l$ , м, определяем по формулам

$$b = \sqrt{A}, \quad (4.2.4)$$

$$l = \eta \cdot b, \quad (4.2.5)$$

где  $A$  – то же, что и в формуле (4.2.3);

$\eta$  – отношения сторон фундамента, принимаемое не более 1,65.

Тогда

$$b = \sqrt{9,25} = 3,04 \text{ м},$$

Принимаем кратно 300 мм,  $b = 3,1 \text{ м}$ .

$$l = 1,15 \cdot 3,1 = 3,5 \text{ м}.$$

Принимаем кратно 300 мм,  $l = 3,6 \text{ м}$ .

Следовательно, габариты подошвы фундамента 3,3 x 3,6 м.

#### 4.2.3. Определение расчетного сопротивления грунта основания. Уточнение размеров подошвы фундамента

Расчетное сопротивление грунта основания находят по формуле (4.2.6).

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} [M_\gamma \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_g \cdot d \cdot \gamma_{II} + M_c \cdot C_{II}], \quad (4.2.6)$$

где  $\gamma_{c1}, \gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы, принимаемые по [14, табл. 5.4] ( $\gamma_{c1} = 1,3, \gamma_{c2} = 1,1$ );

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

$k$  – коэффициент, учитывающий надежность определения характеристик  $c$  и  $\varphi$  ( $k=1,1$ , если берутся табличные значения);

$M_\gamma, M_g, M_c$  – коэффициенты, зависящие от  $\varphi$ , принимаемые по [14, табл. 5.5] ( $M_\gamma = 1,42, M_g = 6,68, M_c = 8,814$ );

$b$  – ширина подошвы фундамента, *м*;

$C_{II}$  – значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, *кПа*;

$\gamma_{II}$  – расчетное значение удельного веса грунта ниже подошвы фундамента, до глубины  $z=b$ ;

$\dot{\gamma}_{II}$  – то же для грунта выше подошвы фундамента;

$d$  – глубина заложения фундамента, *м*.

$$\gamma_{II} = \frac{h_1 \cdot \gamma_1 + h_2 \cdot \gamma_2}{h_1 + h_2} = \frac{2,55 \cdot 18 + 0,75 \cdot 19,4}{3,3} = 18,32 \text{ кН/м}^3.$$

$$\dot{\gamma}_{II} = \frac{(0,45 \cdot 18 + 3 \cdot 16,2)}{3,45} = 16,43 \text{ кН/м}^3.$$

$$R = \frac{1,3 \cdot 1,1}{1,1} [1,42 \cdot 3,3 \cdot 18,32 + 6,68 \cdot 3,45 \cdot 16,43 + 8,814 \cdot 2,4] = 631,33 \text{ кПа}.$$

Находим расхождение между  $R_0$  и  $R$  по формуле (4.2.7)

$$\frac{R-R_0}{R} = \frac{631,33-300}{631,33} \cdot 100 = 52,48\%. \quad (4.2.7)$$

Расхождение больше 20%, находим новое значение  $A$ .

$$A = \frac{166,16/1,15}{631,33 \cdot 10^{-1} - 20 \cdot 10^{-1} \cdot 3,45} = 7,73 \text{ м}^2.$$

$$b = \sqrt{7,73} = 2,78 \text{ м},$$

Принимаем кратно 300 мм,  $b = 3,0$  м.

$$l = 1,15 \cdot 2,78 = 3,2 \text{ м}.$$

Принимаем кратно 300 мм,  $l = 3,3$  м.

Принимаем габариты фундамента: 3,0 x 3,3 м.

Определяем новое расчетное значение грунта по формуле (4.2.6), принимая  $b=2,4$  м.

$$\gamma_{II} = \frac{h_1 \cdot \gamma_1 + h_2 \cdot \gamma_2}{h_1 + h_2} = \frac{2,55 \cdot 18 + 0,45 \cdot 19,4}{3,0} = 18,21 \text{ кН/м}^3.$$

$$R = \frac{1,3 \cdot 1,1}{1,1} [1,42 \cdot 2,4 \cdot 18,21 + 6,68 \cdot 3,45 \cdot 16,43 + 8,814 \cdot 2,4] = 620,59 \text{ кПа}.$$

					ДП-08.05.01-2021	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Находим расхождение между  $R_0$  и  $R$  по формуле (4.2.7)

$$\frac{R-R_0}{R} = \frac{620,59-631,33}{620,59} \cdot 100 = -1,73\%.$$

Расхождение меньше 20%. Принимаем габариты фундамента: 3,0 x 3,3 м.

#### 4.2.4. Проверка соблюдения условий расчета основания по деформациям

1) Среднее давление под подошвой фундамента должно быть меньше, либо равно расчетному сопротивлению.

Среднее давление определяется по формуле (4.2.8)

$$P_{II} = \frac{N_{II}}{A} \leq R. \quad (4.2.8)$$

Наибольшая вертикальная нагрузка

$$N_{II} = N_{0II} + G_{fII}, \quad (4.2.9)$$

Вес фундамента

$$G_{fII} = b \cdot l \cdot d \cdot \gamma_{mt}. \quad (4.2.10)$$

Тогда

$$P_{II} = \frac{N_{0II} + b \cdot l \cdot d \cdot \gamma_{mt}}{A} = \frac{166,16 \cdot 9,81 + 3,0 \cdot 3,3 \cdot 3,45 \cdot 20}{9,9} = 233,65 \text{ кПа.}$$

$$P_{II} = 233,65 < R = 620,59.$$

2) Максимальное давление под подошвой фундамента не должно превышать расчетное сопротивление грунта.

Максимальное давление для прямоугольной подошвы определяют по формуле (4.2.11)

$$P_{max} = \frac{N}{A} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{l}\right), \quad (4.2.11)$$

где  $N$  – вертикальная сосредоточенная сила, кН;

$A$  – площадь подошвы, м<sup>2</sup>;

$e$  – эксцентриситет нагрузки, равный отношению вертикальной силы к крутящему моменту, м;

$l$  – длина подошвы, м.

Максимальное давление:

$$N_{II} = \frac{N_{max}}{\gamma_f} + N_{\phi}, \quad (4.2.12)$$

$$M_{II} = \frac{M_{max}}{1,15} + Q_{II}(d - 0,15), \quad (4.2.13)$$

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП-08.05.01-2021



$$Q_{II} = \frac{Q_{max}}{\gamma_f}, \quad (4.2.14)$$

где  $N_{max}, Q_{max}, M_{max}$  – усилия на обресе фундамента,  $T$ ;  
 $\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке;  
 $d$  – глубина заложения фундамента;  
 $N_{\phi}$  – вес фундамента,  $T$ .

$$N_{II} = \frac{166,16}{1,15} + 3,0 \cdot 3,3 \cdot 3,45 \cdot 2,04 = 214,16 \text{ T},$$

$$Q_{II} = \frac{31,72}{1,15} = 27,58 \text{ T},$$

$$M_{II} = \frac{44,84}{1,15} + 27,58(3,45 - 0,15) = 130,01 \text{ Tм.}$$

$$e_{II} = \frac{M_{II}}{N_{II}} = \frac{130,01}{214,16} = 0,61 \text{ м.}$$

$$P_{max} = \frac{214,16}{9,9} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,61}{6}\right) = 45,51 \text{ T}.$$

$$P_{max} = 446,46 \text{ кПа} < 1,2 \cdot 620,59 = 744,7 \text{ кПа.}$$

Размер подошвы оставляем  $3,0 \times 3,3 \text{ м}$ .

Минимальное давление под подошвой фундамента не должно быть отрицательным. Определяем по формуле

$$P_{min} = \frac{N}{A} \left(1 - \frac{6e}{l}\right), \quad (4.2.15)$$

где  $N, A, e, l$  – то же, что и в (4.2.11)

$$P_{min} = \frac{214,16}{9,9} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,61}{6}\right) = 2,24 \text{ T}.$$

#### **4.2.5. Определение средней осадки фундамента и проверка соблюдения основного условия расчета по деформациям**

Расчет осадки определяется методом послойного суммирования. Результаты расчета заносим в таблицу 4.2.1.

$\sigma_{zg}$  – напряжение в грунте от собственного веса;

$\sigma_{zp}$  – дополнительное вертикальное напряжение от загрузки фундамента;

$$\sigma_{zg} = \sum \gamma_i h_i \quad (4.2.16)$$

$$\sigma_{zp} = \alpha P_0 \quad (4.2.17)$$

где  $\alpha$  – коэффициент рассеивания напряжений;

$P_0$  – среднее давление под подошвой фундамента.

$$P_0 = P_{II} - \sigma_{zg0} = 233,65 - 16,43 \cdot 3,45 = 233,65 - 56,68 = 176,97 \text{ кПа.}$$

$$P_{II} = \frac{N_{II}}{A} = 233,65 \text{ кПа.}$$

Основание разделяют на горизонтальные слои, толщиной не более  $0,4b = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ м.}$

Расчет ведем до глубины  $4b = 4 \cdot 3 = 12 \text{ м.}$

Таблица 4.2.1 – Расчет основания по деформациям

Глубина, м	Толщина слоя, м	Расстояние от подошвы фундамента до подошвы слоя, м	2z/b	$\alpha$	Напряжение в грунте, $\sigma_{zg}$ , кПа	Дополнительное давление $P_0$ , кПа	Напряжение в грунте, $\sigma_{zp}$ , кПа	Среднее напряжение в слое $\sigma_{zp}$ ср, кПа	Модуль общей деформации, E, кПа	Осадка s0
0,000	0	0	0	1	56,68		176,97	-	-	-
-3,000	0,45	0,45	0,30	0,972	64,78	176,97	172,01	174,49	300	0,209
	0,7	1,15	0,77	0,823	77,38		145,65	158,83	300	0,296
	0,7	1,85	1,23	0,613	89,98		108,48	127,06	300	0,237
-6,000	0,7	2,55	1,70	0,441	102,58		78,044	93,26	300	0,174
	0,7	3,25	2,17	0,321	116,16		56,807	67,43	166	0,227
-7,500	0,8	4,05	2,70	0,23	131,68		40,703	48,76	166	0,188
	0,7	4,75	3,17	0,176	145,12		31,147	35,92	205	0,098
	0,7	5,45	3,63	0,14	158,56		24,776	27,96	205	0,076
	0,7	6,15	4,10	0,113	172		19,998	22,39	205	0,061
	0,7	6,85	4,57	0,093	185,44		16,458	18,23	205	0,050
	0,7	7,55	5,03	0,078	198,88		13,804	15,13	205	0,041
	0,7	8,25	5,50	0,066	212,32		11,68	12,74	205	-
-12,400	0,7	8,95	5,97	0,056	225,76		9,9103	10,80	205	-
s=1,659 см										

Осадку определяем по формуле

$$s = \beta \sum \frac{\sigma_{zpi \text{ ср}} \cdot h_i}{E}, \quad (4.2.18)$$

где  $\beta$  – коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zpi \text{ ср}}$  – среднее напряжение в слое, кПа;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя, м;

$E$  – модуль деформации, кПа.

Суммарная осадка  $s = 1,659 \text{ см} < s_u = 8 \text{ см.}$

### 4.3. Конструирование столбчатого фундамента

Параметры фундамента:  $b = 3,0 \text{ м}, l = 3,3 \text{ м}, h = 3,3 \text{ м.}$

Сечения подколонника принимаем  $b_{cf} \times l_{cf} = 2400 \times 2400 \text{ мм.}$

Подколонник проектируем полнотелым с постоянным сечением.

Назначаем количество и размеры ступеней по стороне  $l$ :

$$\frac{l - l_{cf}}{2} = \frac{3300 - 2400}{2} = 900 \text{ мм.}$$

Принимаем 2 ступени по 450 мм с каждой стороны.

$$\frac{b-b_{cf}}{2} = \frac{3000-2400}{2} = 600 \text{ мм.}$$

Принимаем 2 ступени по 300 мм с каждой стороны.

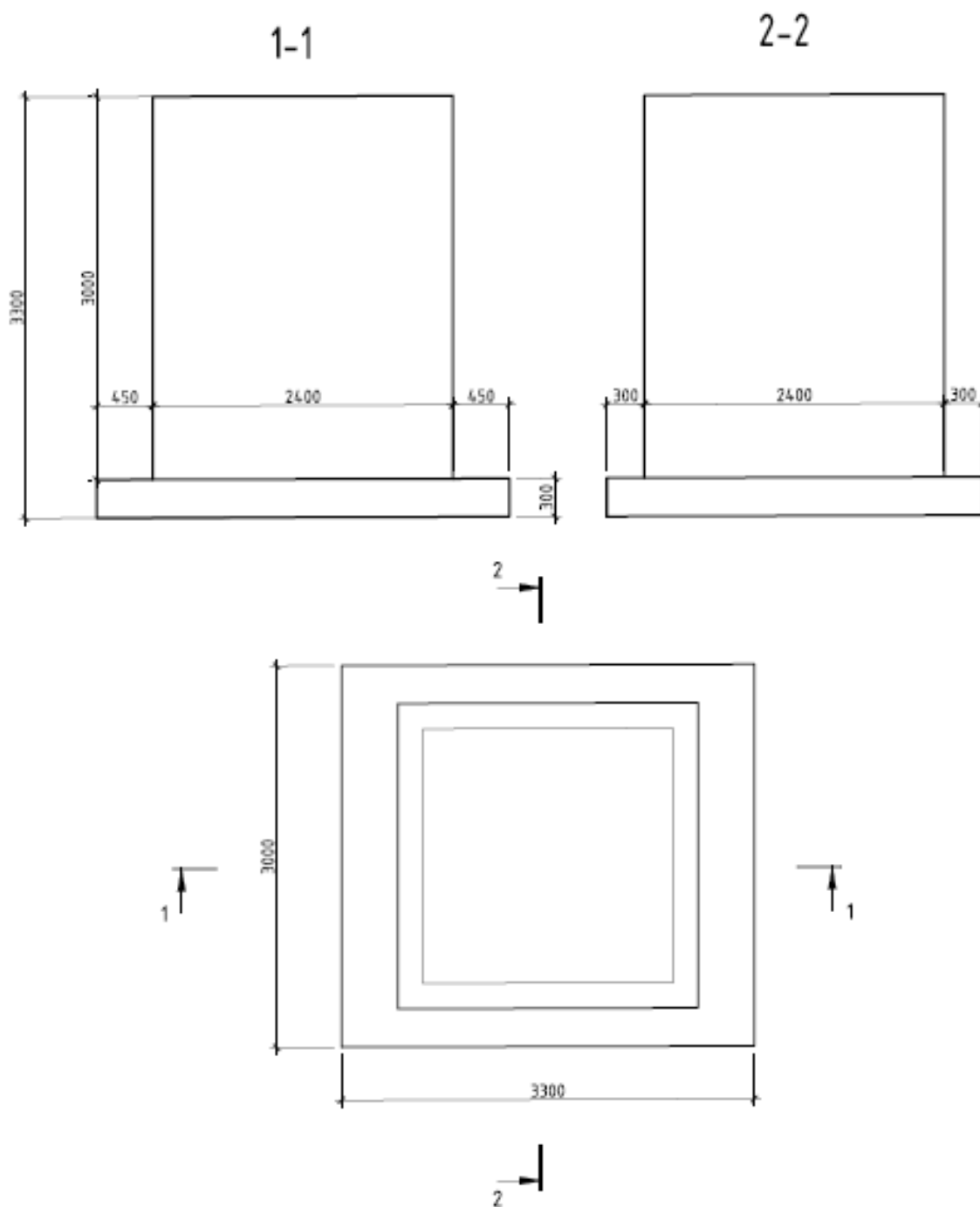


Рисунок 4.2.1 – Габариты столбчатого фундамента

#### 4.3.1. Расчет плиты фундамента на продавливание

Определим высокий или низкий фундамент, по условию

$$h_{cf} < 0,5 \cdot (l_{cf} - l_c) \text{ – низкий фундамент,} \quad (4.2.19)$$

$$h_{cf} > 0,5 \cdot (l_{cf} - l_c) \text{ – высокий фундамент,} \quad (4.2.20)$$

						Лист
					ДП-08.05.01-2021	77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $h_{cf}$  – высота подколонника, м;

$l_{cf}$  – длина подколонника;

$l_c$  – длина колонны.

$3000 > 0,5 \cdot (2400 - 2000) = 200$ , следовательно, фундамент высокий.

Расчет на продавливание выполняется по формуле

$$F \leq b_m h_{op} R_{bt}, \quad (4.2.21)$$

где  $F$  – сила продавливания, Т;

$h_{op}$  – рабочая высота плитной части, м;

$R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа;

$b_m$  – среднеарифметическое значение параметров верхнего и нижнего оснований пирамиды, образующейся при продавливании в пределах рабочей высоты сечения.

$$F = A_0 P_{max}, \quad (4.2.22)$$

где  $A_0$  – грани пирамиды продавливания;

$P_{max}$  – максимальное значение давления подошвой от расчетных нагрузок.

$$A_0 = 0,5b(l - l_{cf} - 2h_{op}) - 0,25(b - b_{cf} - 2h_{op})^2, \quad (4.2.23)$$

где  $l_{cf}$  – длина подколонника;

$b_{cf}$  – ширина подколонника;

$h_{op}$  – то же, что и в формуле (4.2.21).

$$h_{op} = 3300 - 3000 - 50 = 250 \text{ мм.}$$

$$b_m = 2(b_c + l_c + 2h_{op}) = 2(2 + 2 + 0,25) = 8,5 \text{ м.}$$

$$A_0 = 0,5 \cdot 3(3,3 - 2,4 - 2 \cdot 0,25) - 0,25(3 - 2,4 - 2 \cdot 0,25)^2 = 0,6 \text{ м}^2;$$

$$F = 0,6 \cdot 446,46 = 267,87 \text{ кН.}$$

Принимаем  $R_{bt} = 0,9$  МПа для бетона класса В20.

$$F = 235,37 \text{ кН} < 8,5 \cdot 0,25 \cdot 0,9 \cdot 10^3 = 912,5 \text{ кН.}$$

Условие выполняется.

#### 4.3.2. Расчет арматуры плитной части фундамента

Расчет изгибающей арматуры в нижней части плиты фундамента ведем по изгибающим моментам в наиболее опасных сечениях. Расчет проводим по формулам (4.2.24) и (4.2.25).

По формуле (4.2.24) проводим расчет в направлении действующих моментов. По формуле (4.2.25) ведем расчет в перпендикулярном направлении, где моменты не возникают.

										Лист
										78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$M_{xi} = \frac{Nc_{xi}^2}{2l} \left(1 + \frac{6e_{ox}}{l} - \frac{4e_{ox}c_{xi}}{l^2}\right), \quad (4.2.24)$$

где  $N$  – вертикальная сила;

$e_{ox}$  – эксцентриситет нагрузки, м;

$c_{xi}$  – высота ступени.

$$M_{yi} = \frac{Nc_i^2}{2b}.$$

$$N = N_{max} = 166,16 \text{ Т};$$

$$M = M_{соот} + Q \cdot h = 44,84 + 31,72 \cdot 3,3 = 149,52 \text{ Тм};$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{149,52}{166,16} = 0,9 \text{ м}.$$

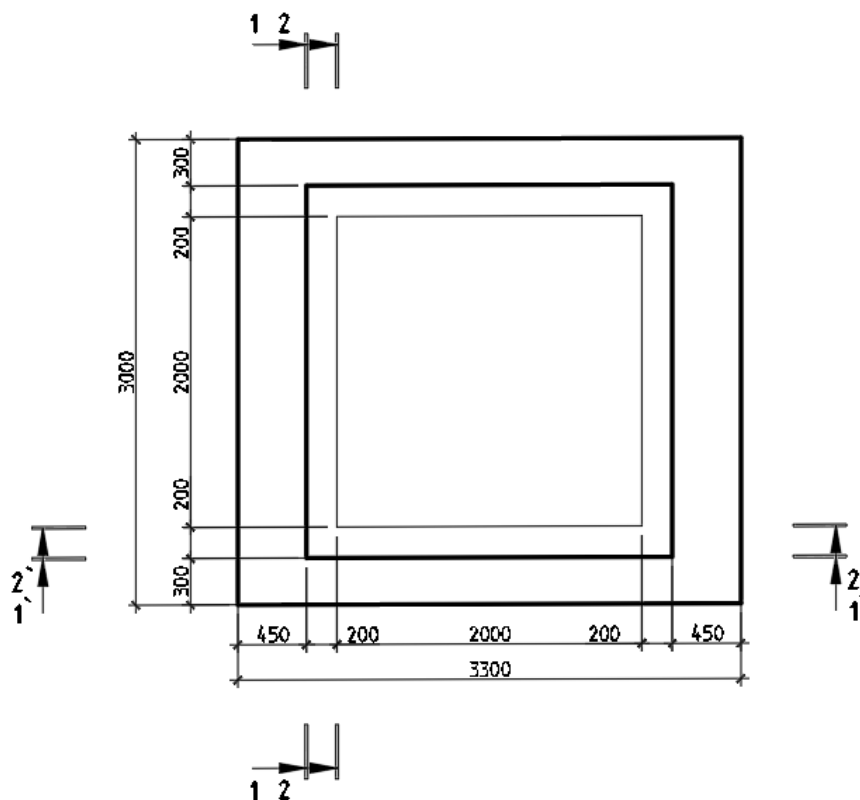


Рисунок 4.2.2 – Расчетная схема и сечения при определении арматуры плитной части фундамента

Таблица 4.2.2 – Расчет арматуры плитной части фундамента

Сечение	Вылет, с, м	$\frac{Nc_i^2}{2l(b)}$	$1 + \frac{6e_0}{l} - \frac{4e_0c}{l^2}$	M, кНм	$\alpha_m$	$\xi$	$h_{oi}, \text{м}$	$b_i, \text{м}$	$A_s, \text{см}^2$
1-1	0,45	50,01	2,488	124,411	0,0525	0,972	0,25	3	14,03
2-2	0,65	104,35	2,460	256,660	0,0008	0,995	3,25	2,4	2,17
1'-1'	0,3	24,45	1	24,450	0,0094	0,995	0,25	3,3	2,69
2'-2'	0,5	67,92	1	67,918	0,0002	0,995	3,25	2,4	0,58

В ходе расчета получили наибольшую требуемую площадь сечения арматуры в сечениях 1-1 и 1'-1'.

В направлении  $x$  принимаем общую площадь поперечного сечения арматуры не менее  $14,03 \text{ см}^2$ .

Армируется подошва фундамента одной сеткой ГОСТ 23279-2012 с рабочей арматурой класса А400.

Вдоль стороны  $b$ :

$$A_s = 14,03 \text{ см}^2$$

Необходимое число стержней в сетке по стороне  $b$ :

$$n = \frac{(3-0,1)-2 \cdot 0,05}{0,2} + 1 = 15.$$

Принимаем 16 стержня  $\text{Ø}12$  А400 с суммарной площадью поперечного сечения:

$$A_s = 15 \cdot 1,313 = 19,7 \text{ см}^2.$$

Вдоль стороны  $l$ :

$$n = \frac{(3,3-0,1)-2 \cdot 0,05}{0,2} + 1 = 16,5.$$

Принимаем 17 стержней  $\text{Ø}8$  А400 с суммарной площадью поперечного сечения:

$$A_s = 17 \cdot 0,503 = 8,551 \text{ см}^2.$$

Таким образом, принимаем сетку С1  $\frac{15\text{Ø}12\text{А}400}{17\text{Ø}8\text{А}400}$  2900x3200.

Сетки С2 и С3 для армирования принимаем конструктивно.

Для сетки С2 продольные стержни А400  $\text{Ø}12$  мм расставляем с шагом 200 мм, поперечные А240  $\text{Ø}8$  мм расставляем с шагом 400 мм.

Армирование фундамента представлено на рисунке 4.2.3.

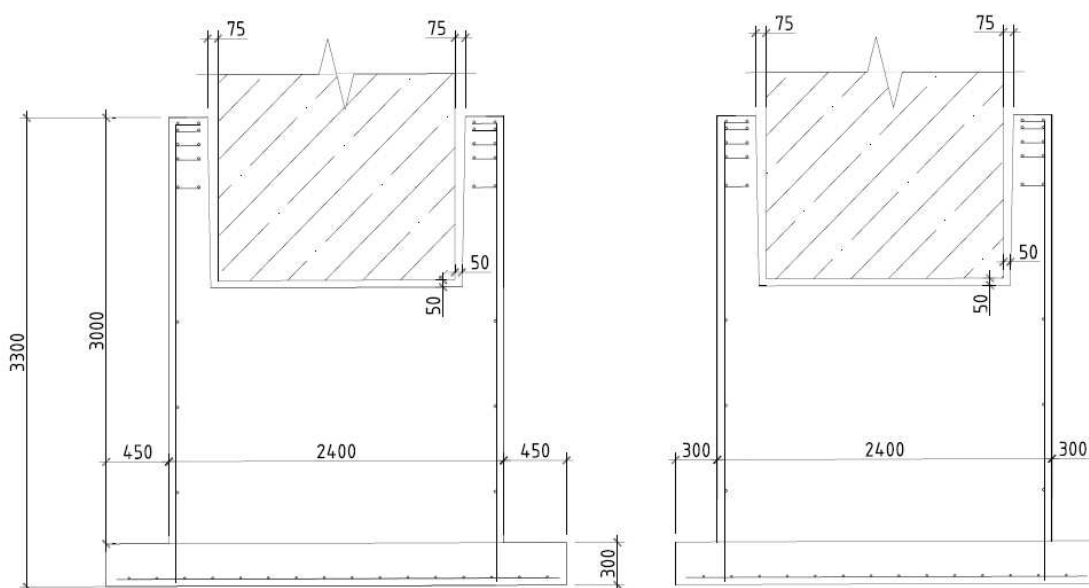


Рисунок 4.2.3 – Армирование столбчатого фундамента

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

80

#### 4.4. Проектирование свайного фундамента

##### 4.4.1. Назначение вида сваи и ее параметров

Длина сваи выбирается в соответствии с инженерно-геологическим разрезом и уровнем заложения подошвы ростверка.

Глубину заложения ростверка принимаем 1,8 м. Отметку головы сваи принимаем на 50 см выше подошвы ростверка. Назначаем длину сваи 10 м.

##### 4.4.2. Определение несущей способности забивной сваи и количество свай ф фундаменте

Несущую способность определяем по формуле 4.4.1.

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i) \quad (4.4.1)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы сваи в грунте,  $\gamma_c = 1$ ;

$\gamma_{CR}$  и  $\gamma_{cf}$  – коэффициенты условий работы под нижним концом и на боковой поверхности, соответственно;

$A$  – площадь поперечного сечения нижнего конца сваи,  $m^2$ ;

$u$  – периметр сваи;

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

$f_i$  – расчётное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи,  $кПа$ ;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи,  $м$ .

Таблица 4.4.1 – Определение несущей способности сваи

	Толщина слоя, $h$ , м	Расстояние от поверхности до середины слоя, м	$f_i$ , кПа	$f_i h_i$ , кН/м
0,000				
-1,800				
-3,000	1,2	2,4	0	0
	1,5	3,75	37,25	55,875
-6,000	1,5	5,25	40,5	60,75
-7,500	1,5	6,75	30,25	45,375
	1,6	8,3	62,45	99,92
	1,6	9,9	64,85	103,76
-11,300	0,6	11	67,1	40,26
$\Sigma f_i h_i = 405,94$ кПа; $R=7312$ кПа				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

81





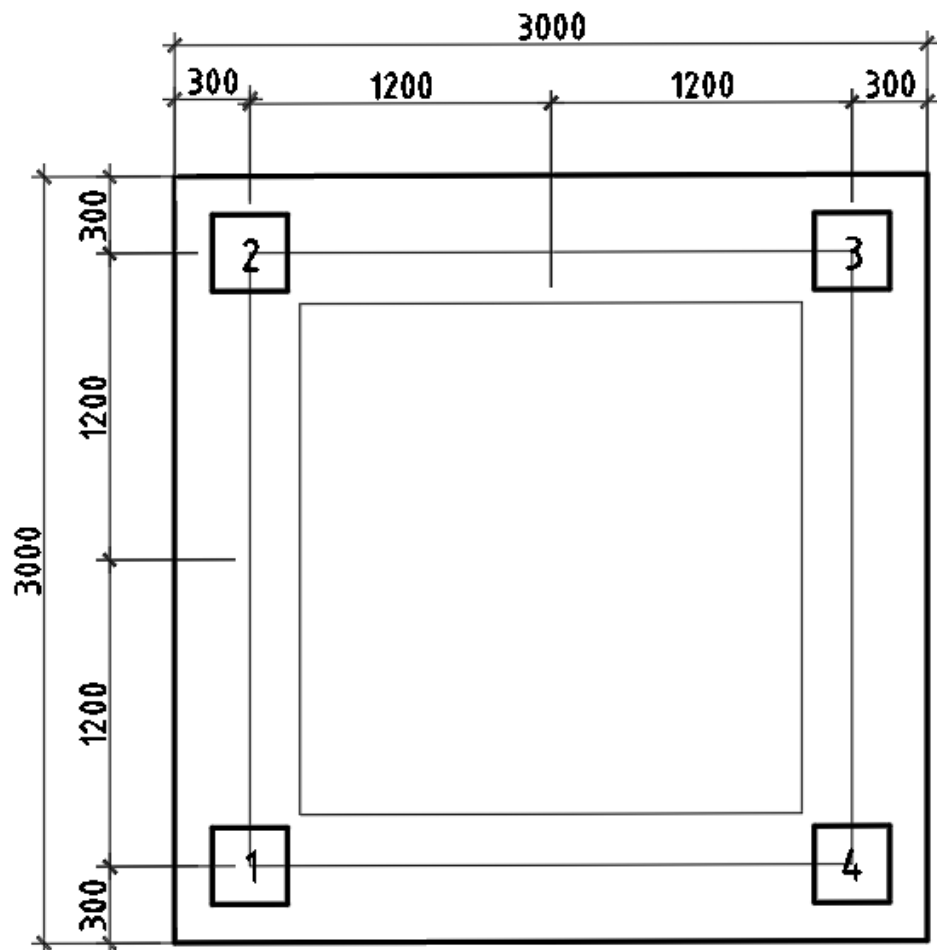


Рисунок 4.4.1 – Схема расположения свай

#### 4.4.4. Расчет свайного фундамента по несущей способности основания

Свайный фундамент запроектируем из свай С100.30.

Приняты висячие сваи с расчетной нагрузкой  $F_d/\gamma_k = 600$  кН.

Определим усилие в сваях по формуле

$$N_{св} = \frac{N}{n} \pm \frac{M \cdot x}{\sum(x_i)^2}, \quad (4.4.4)$$

где  $N$  – вертикальная нагрузка;

$M$  – крутящий момент;

$n$  – число свай в фундаменте;

$x$  – расстояние в плоскости действия момента от главной оси куста до сваи, усилие в которой определяется;

$x_i$  – расстояние от главной оси до каждой из свай.

$$N' = N_{max} + G_p = 166,16 + 43,6 = 209,76 \text{ Т.}$$

$$M' = M + Q(d - 0,15) = 44,84 + 31,72 \cdot (1,8 - 0,15) = 97,18 \text{ Т.}$$

$$N'_{12} = \frac{209,76}{4} + \frac{97,18 \cdot 1,2}{4 \cdot 1,2^2} = 52,44 + \frac{116,616}{5,76} = 72,68 \text{ Т} = 713,05 \text{ кН.}$$

											Лист
											83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021						

$$N_{34} = \frac{209,76}{4} - \frac{97,18 \cdot 1,2}{4 \cdot 1,2^2} = 52,44 - \frac{116,616}{5,76} = 20,24 \text{ Т} = 198,55 \text{ кН.}$$

Проверяем условие  $713,05 < 1,2 \cdot 600 = 720 \text{ кН}$ .

Условие выполняется.

#### 4.4.5. Расчет плиты ростверка на продавливание колонной

Расчет плиты ростверка на продавливание колонной ведем по формуле 4.4.5.

$$F \leq 2 \cdot R_{bt} \cdot h_{op} \left[ \frac{h_{op}}{c_1} (b_c + c_2) + \frac{h_{op}}{c_2} (l_c + c_1) \right] \quad (4.4.5)$$

где  $F$  – продавливающая сила, равная сумме усилий в сваях;

$R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона ростверка растяжению;

$\alpha$  – коэффициент по формуле 4.4.6, не менее 0,85;

$h_{op}$  – рабочая высота плиты;

$c_1$  и  $c_2$  – расстояние от грани колонны соответственно с размерами  $b_c$  и  $l_c$  до внутренней грани ближайшего ряда свай (не более  $h_{op}$  и не менее  $0,4h_{op}$ ).

Определим расчетную продавливающую силу

$$F = 2 \cdot (N_{12} + N_{34}) = 2 \cdot (72,68 + 20,24) = 185,84 \text{ Т.}$$

Принимаем  $R_{bt} = 1350 \text{ кПа}$  для бетона класса В20. Размеры подколонника  $b \times l = 2,4 \times 2,4 \text{ м}$ , рабочую высоту сечения плиты:

$$h_{op} = h - h_{cf} - 0,05 = 1,65 - 1,05 - 0,05 = 0,55 \text{ м.}$$

Подставив в условие 4.4.5, получим

$$F = 185,84 \cdot 9,81 = 1823,09 \text{ кПа} < 2 \cdot 1350 \cdot 0,55 \left[ \frac{0,55}{0,22} (2 + 0,28) + \frac{0,55}{0,22} (2 + 0,28) \right] = 20701 \text{ кПа.}$$

Условие выполняется.

#### 4.4.6. Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей

Расчет плиты ростверка ведется по формуле 4.4.6.

$$N_c \leq R_{bt} h_{o1} [\beta_1 (b_{o2} + 0,5c_{o2}) + \beta_2 (b_{o1} + 0,5c_{o1})], \quad (4.4.6)$$

где  $N_c$  – усилие в угловой свае, Т;

$h_{o1}$  – рабочая высота сечения ступени ростверка, м;

$b_{o1}, b_{o2}$  – расстояние от внутренних граней свай до наружных граней ростверка, м;

$c_{o1}, c_{o2}$  – расстояние от внутренней грани угловой сваи до подколонника (не более  $h_{o1}$  и не менее  $0,4h_{o1}$ ).

$R_{bt}$  – то же, что в формуле (4.4.5);

$\beta_1, \beta_2$  – коэффициенты, принимаемые в зависимости от отношения  $h_{o1}/c$ .

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

$$72,68 \text{ Т} = 712,99 \text{ кПа} > 0,9 \cdot 10^3 \cdot 0,55[1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,22) + 1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,22)] = 554,4 \text{ кПа.}$$

Условие не удовлетворяется. Необходимо увеличить высоту ступени с 600 мм до 750 мм, при этом  $h_{o1} = 0,7$ . Также повысим класс бетона до В25 с  $R_{bt} = 1,05 \text{ МПа}$ . Выполним проверку.

$$72,68 \text{ Т} = 712,99 \text{ кПа} < 1,05 \cdot 10^3 \cdot 0,7[1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,28) + 1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,28)] = 867,3 \text{ кПа.}$$

Условие удовлетворяется.

#### 4.4.7. Расчет арматуры плитной части фундамента

Расчет изгибающейся арматуры в нижней части плиты фундамента ведем по изгибающим моментам в наиболее опасных сечениях фундамента, аналогично столбчатому фундаменту и сводим в таблицу 4.4.2.

$$M_{xi} = N_{сви} \cdot x_i, \quad (4.4.7)$$

$$M_{yi} = N_{сви} \cdot y_i, \quad (4.4.8)$$

где  $N_{сви}$  – расчетная нагрузка на сваю;

$x_i, y_i$  – расстояние от центра каждой сваи до рассматриваемого сечения.

Моменты в сечениях:

$$M_{1-1} = 2 \cdot 72,68 \cdot 0 = 0 \text{ Тм};$$

$$M_{2-2} = 2 \cdot 72,68 \cdot 0,2 = 29,07 \text{ Тм.}$$

Таблица 4.4.2 – Расчет арматуры ростверка

Сечение	Момент, Тм	$x_i$ ( $y_i$ ), м	$\alpha_m$	$\xi$	$h_{oi}$ , м	$b_{oi}$ , м	$A_s$ , см <sup>2</sup>
1-1	0	0,30	0,000	0,995	0,70	3	0,00
2-2	29,07	0,50	0,015	0,992	0,70	3	11,25
1`-1`	0	0,30	0,000	0,995	0,70	3	0,00
2`-2`	29,07	0,50	0,015	0,992	0,70	3	11,25

В направлении  $x$  и  $y$  принимаем общую площадь поперечного сечения арматуры не менее  $11,25 \text{ см}^2$ .

Армируется подошва фундамента одной сеткой ГОСТ 23279-2012 с рабочей арматурой класса А400.

$$A_s = 11,25 \text{ см}^2$$

Необходимое число стержней в сетке по стороне  $b$ :

$$n = \frac{3-0,1}{0,2} + 1 = 15,5.$$

Принимаем 16 стержня  $\varnothing 10$  А400 с суммарной площадью поперечного сечения:

$$A_s = 16 \cdot 0,785 = 12,56 \text{ см}^2.$$

Таким образом, принимаем сетку С1  $\frac{16\varnothing 12A400}{16\varnothing 12A400}$  2900x2900.

Сетки С2 и С3 для армирования принимаем конструктивно.

Для сетки С2 продольные стержни А400  $\varnothing 10$  мм расставляем с шагом 230 мм, поперечные А240  $\varnothing 8$  мм расставляем с шагом 550 мм.

Армирование фундамента представлено на рисунке 4.4.3.

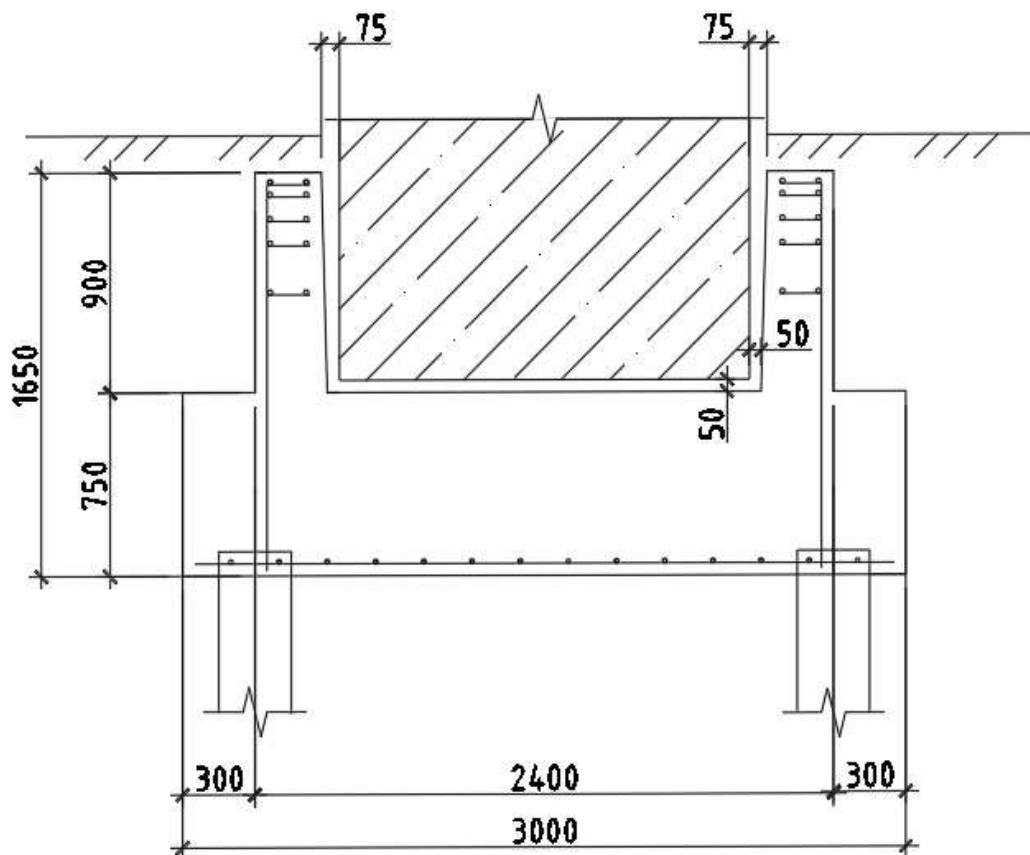


Рисунок 4.4.3 – Армирование свайного фундамента

#### 4.4.8. Выбор сваебойного оборудования. Назначение расчетного отказа

Сваебойное оборудование варьируют с учетом его производительности, соотношения массы молота и массы свай.

Предварительно принимаем трубчатый дизель-молот С-330А с массой ударной части 200 кг; энергией удара  $E_d = 23$  кДж. Полной массы молота 4500 кг.

Расчетный отказ рассчитываем по формуле (4.4.9)

$$S_a = \frac{E_d \cdot \eta \cdot A}{F_d (F_d + \eta \cdot A)} \cdot \frac{m_1 + 0,2(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}, \quad (4.4.9)$$

где  $E_d$  – энергия удара молота, кДж;

										Лист
										86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

$\eta$  – коэффициент, для железобетонных свай = 1500 кН/м<sup>2</sup>;

$m_1$  – масса молота;

$m_2$  – масса свай;

$m_3$  – масса наголовника, 0,2 Т.

$$S_a = \frac{23 \cdot 1500 \cdot 0,09}{600(600+1500 \cdot 0,09)} \cdot \frac{4,5+0,2(2,28+0,2)}{4,5+2,28+0,2} = 0,005 \text{ м} = 0,5 \text{ см.}$$

Так как расчетный отказ 0,005 м находится в благоприятном интервале 0,005 – 0,01, то сваебойное оборудование подобрано верно.

#### 4.5. Техничко-экономическое сравнение вариантов

Для сравнения вариантов столбчатого и свайного фундамента определим стоимость и трудоемкость возведения каждого из них для одной колонны.

Расчеты сведем в таблицы 4.5.1 и 4.5.2.

Столбчатый фундамент:

Таблица 4.5.1 – Стоимость и трудоемкость столбчатого фундамента

Обоснование	Наименование работ	Ед. изм.	Объем	Стоимость, руб.		Трудоемкость, чел.-час.	
				Ед.	Всего	Ед.	Всего
Земляные работы							
ФЕР 01-01-002-07	Разработка грунта 1-ой группы экскаватором	1000 м <sup>3</sup>	0,1304	1732,43	225,93	4,12	0,537
ФЕР 01-02-056-08	Ручная разработка грунта вручную в траншеях шириной более 2 м	100 м <sup>3</sup>	0,0265	2480	65,72	296	7,844
ФЕР 01-01-033-02	Засыпка траншей и котлованов с перемещением до 5 м бульдозерами мощностью 59 кВт	1000 м <sup>3</sup>	0,1102	545	60,04	8,87	0,977
Бетонные работы							
ФЕР 06-01-001-01	Устройство бетонной подготовки	100 м <sup>3</sup>	0,0119	58585,02	695,99	180	2,138
ФЕР 06-01-001-08	Устройство железобетонного фундамента объемом до 25 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>	0,2025	90330,26	18291,88	342,2	69,296

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

87

## Окончание таблицы 4.5.1

Обоснование	Наименование работ	Ед. изм.	Объем	Стоимость, руб.		Трудоемкость, чел.-час.	
				Ед.	Всего	Ед.	Всего
ФССЦ 8.4.03.04-0001	Арматура А400, А240	т	0,1800	5505,05	990,91	-	-
Итого:					20330,46	Итого:	80,792

Свайный фундамент:

Таблица 4.5.2 – Стоимость и трудоемкость свайного фундамента

Обоснование	Наименование работ	Ед. изм.	Объем	Стоимость, руб.		Трудоемкость, чел.-час.	
				Ед.	Всего	Ед.	Всего
Земляные работы							
ФЕР 01-01-002-07	Разработка грунта 1-ой группы экскаватором	1000 м3	0,0648	1732,43	112,26	4,12	0,267
ФЕР 01-02-056-08	Ручная разработка грунта вручную в траншеях шириной более 2 м	100 м3	0,0250	2480	62,00	296	7,400
ФЕР 01-01-033-02	Засыпка траншей и котлованов с перемещением до 5 м бульдозерами мощностью 59 кВт	1000 м3	0,0529	545	28,81	8,87	0,469
Бетонные работы							
ФССЦ 403-1117	Сваи марки С100.30	шт	4	1318,46	5273,84	-	-
ФЕР 05-01-002-05	Погружение свай длиной до 12 м в грунт 1-ой категории	м3	3,6	361,37	1300,93	2,7	9,720
ФЕР 05-010-01	Срубка голов свай площадью до 0,1 м2	шт	4	73,44	293,76	1,4	5,600
ФЕР 06-01-001-08	Устройство железобетонного фундамента объемом до 25 м3	100 м3	0,119	90330,26	10780,01	342,2	40,838
ФССЦ 8.4.03.04-0001	Арматура А400, А240	т	0,220	5505,05	1211,11	-	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

88

## Окончание таблицы 4.5.2

Обоснование	Наименование работ	Ед. изм.	Объем	Стоимость, руб.		Трудоемкость, чел.-час.	
				Ед.	Всего	Ед.	Всего
				Итого:	12165,39	Итого:	48,505

После выполнения анализа технико-экономических показателей было установлено, что устройство свайного фундамента на 67 % дешевле столбчатого фундамента, а трудозатраты на его устройство ниже на 66,5 %.

В связи с этим можно сделать вывод, что свайный фундамент наиболее экономичный, соответственно, принимаем его.

### 4.6. Проектирование свайного фундамента под колонну каркаса

#### 4.6.1. Назначение вида сваи и ее параметров

Нагрузка на колонну:

$$N = -120,79 \text{ Т}; M = -10,54 \text{ Тм}; Q = -6,46 \text{ Т}.$$

Длина сваи выбирается в соответствии с инженерно-геологическим разрезом и уровнем заложения подошвы ростверка.

Глубину заложения ростверка принимаем 1,8 м. Отметку головы сваи принимаем на 50 см выше подошвы ростверка. Назначаем длину сваи 10 м.

#### 4.6.2. Определение несущей способности забивной сваи и количество свай ф фундаменте

Несущую способность определяем по формуле 4.6.1.

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + u \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i) \quad (4.6.1)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы сваи в грунте,  $\gamma_c = 1$ ;

$\gamma_{CR}$  и  $\gamma_{cf}$  – коэффициенты условий работы под нижним концом и на боковой поверхности, соответственно;

$A$  – площадь поперечного сечения нижнего конца сваи,  $\text{м}^2$ ;

$u$  – периметр сваи;

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи,  $\text{кПа}$ ;

$f_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи,  $\text{кПа}$ ;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, м.

										Лист
										89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021					

Таблица 4.4.1 – Определение несущей способности свай

Глубина, м	Толщина слоя, h, м	Расстояние от поверхности до середины слоя, м	$f_i$ , кПа	$f_i h_i$ , кН/м
0,000				
-1,800				
-3,000	1,2	2,4	0	0
	1,5	3,75	37,25	55,875
	1,5	5,25	40,5	60,75
-6,000				
	1,5	6,75	30,25	45,375
-7,500				
	1,6	8,3	62,45	99,92
	1,6	9,9	64,85	103,76
-11,300	0,6	11	67,1	40,26
$\Sigma f_i h_i = 405,94$ кПа; $R=7312$ кПа				

$$F_d = 1(7312 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 405,94) = 1145,21 \text{ кН} = 116,74 \text{ Т.}$$

Допускаемая нагрузка на сваю  $F_{dp}$ , Т, определяется по формуле

$$F_{dp} = \frac{F_d}{\gamma_k}, \quad (4.6.2)$$

где  $\gamma_k$  – коэффициент надежности, принимаемый по [16, п.7.1.11].

$$F_{dp} = \frac{116,74}{1,4} = 83,38 \text{ Т.}$$

Ограничиваем допускаемую нагрузку на сваю до 600 кН или 61,16 Т.

#### 4.6.3. Определение количества свай в фундаменте и эскизное проектирование ростверка

Количество свай определяем исходя из условия максимального использования несущей способности по формуле

$$\frac{N_1}{F_{dp} - \bar{A} \cdot d_p \cdot \gamma_{mt} \cdot 1,1}, \quad (4.6.3)$$

где  $N_1$  – максимальная расчетная нагрузка, действующая на обрезе ростверка, Т;

$F_{dp}$  – то же, что в формуле (4.4.2);



$\bar{A}$  – площадь ростверка, приходящая на одну сваю,  $m^2$ ;

$d_p$  – глубина заложения ростверка,  $m$ ;

$\gamma_{mt}$  – средний удельный вес ростверка и грунта на его обрезах,  $kH/m^3$ .

$$\frac{120,79}{61,16 - 0,09 \cdot 1,8 \cdot 20 \cdot 10^{-1} \cdot 1,1} = 2,01.$$

Принимаем 4 сваи.

Расстановку в кусте принимают так, чтобы расстояние между осями были не менее  $3d$ . Размеры монолитного ростверка должны быть кратны 300 мм, а по высоте – 150 мм.

Размеры ростверка в плане принимаем  $1800 \times 1800$  мм. Высота плитной части – 600 мм.

Схема расположения свай представлена на рисунке 4.6.1.

Нагрузка от ростверка

$$G_p = b_p \cdot l_p \cdot d_p \cdot \gamma_{mt} \cdot 1,1 = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 1,8 \cdot 24 \cdot 1,1 = 153,96 \text{ кН} = 15,69 \text{ Т.}$$

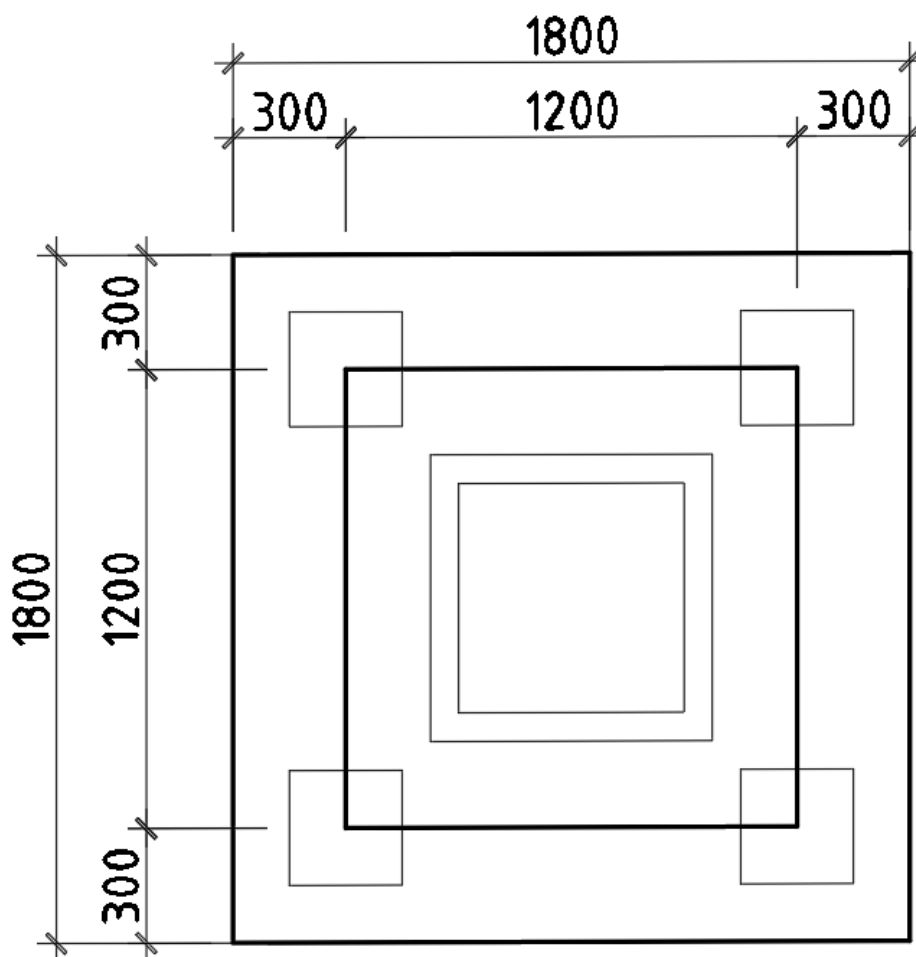


Рисунок 4.6.1 – Схема расположения свай

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

91

#### 4.6.4. Расчет свайного фундамента по несущей способности основания

Свайный фундамент запроектируем из свай С100.30.

Приняты висячие сваи с расчетной нагрузкой  $F_d/\gamma_k = 600$  кН.

Определим усилие в сваях по формуле

$$N_{св} = \frac{N}{n} \pm \frac{M \cdot x}{\sum(x_i)^2}, \quad (4.6.4)$$

где  $N$  – вертикальная нагрузка;

$M$  – крутящий момент;

$n$  – число свай в фундаменте;

$x$  – расстояние в плоскости действия момента от главной оси куста до свай, усилие в которой определяется;

$x_i$  – расстояние от главной оси до каждой из свай.

$$N = N_{max} + G_p = 120,79 + 15,69 = 136,48 \text{ Т.}$$

$$M = M + Q(d - 0,15) = 10,54 + 6,46 \cdot (1,8 - 0,15) = 21,2 \text{ Т.}$$

$$N_{12} = \frac{136,48}{4} + \frac{21,2 \cdot 0,6}{4 \cdot 0,6^2} = 34,12 + \frac{12,72}{1,44} = 42,95 \text{ Т} = 421,37 \text{ кН.}$$

$$N_{34} = \frac{136,48}{4} - \frac{21,2 \cdot 0,6}{4 \cdot 0,6^2} = 34,12 - \frac{12,72}{1,44} = 25,29 \text{ Т.}$$

Проверяем условие  $421,37 < 1,2 \cdot 600 = 720$  кН.

Условие выполняется.

Размеры ростверка в плане принимаем 1800x1800 мм.

#### 4.6.5. Расчет плиты ростверка на продавливание колонной

Расчет плиты ростверка на продавливание колонной ведем по формуле 4.4.5.

$$F \leq 2 \cdot R_{bt} \cdot h_{op} \left[ \frac{h_{op}}{c_1} (b_c + c_2) + \frac{h_{op}}{c_2} (l_c + c_1) \right] \quad (4.6.5)$$

где  $F$  – продавливающая сила, равная сумме усилий в сваях;

$R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона ростверка растяжению;

$h_{op}$  – рабочая высота плиты;

$c_1$  и  $c_2$  – расстояние от грани колонны соответственно с размерами  $b_c$  и  $l_c$  до внутренней грани ближайшего ряда свай (не более  $h_{op}$  и не менее  $0,4h_{op}$ ).

Определим расчетную продавливающую силу

$$F = 2 \cdot (N_{12} + N_{34}) = 2 \cdot (42,95 + 25,29) = 136,48 \text{ Т.}$$

Принимаем  $R_{bt} = 900$  кПа. Размеры подколонника  $b \times l = 1,2 \times 1,2$  м, рабочую высоту сечения плиты:

										Лист
										92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

$$h_{op} = h - h_{cf} - 0,05 = 1,65 - 1,05 - 0,05 = 0,55 \text{ м.}$$

Подставив в условие 4.4.5, получим

$$F = 136,48 \cdot 9,81 = 1338,87 \text{ кПа} < 2 \cdot 1350 \cdot 0,55 \left[ \frac{0,55}{0,22} (0,6 + 0,22) + \frac{0,55}{0,22} (0,6 + 0,22) \right] = 6088,5 \text{ кПа.}$$

Условие выполняется.

#### 4.6.6. Расчет плиты ростверка на продавливание угловой сваей

Расчет плиты ростверка ведется по формуле 4.6.6.

$$N_c \leq R_{bt} h_{01} [\beta_1 (b_{02} + 0,5c_{02}) + \beta_2 (b_{01} + 0,5c_{01})], \quad (4.6.6)$$

где  $N_c$  – усилие в угловой свае, Т;

$h_{01}$  – рабочая высота сечения ступени ростверка, м;

$b_{01}, b_{02}$  – расстояние от внутренних граней свай до наружных граней ростверка, м;

$c_{01}, c_{02}$  – расстояние от внутренней грани угловой сваи до подколонника (не более  $h_{01}$  и не менее  $0,4h_{01}$ ).

$R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона ростверка растяжению;

$\beta_1, \beta_2$  – коэффициенты, принимаемые в зависимости от отношения  $h_{01}/c$ .

$$42,95 \text{ Т} = 421,37 \text{ кПа} < 900 \cdot 0,55 [1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,22) + 1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,22)] = 554,4 \text{ кПа.}$$

Условие удовлетворяется.

#### 4.6.7. Расчет арматуры плитной части фундамента

Расчет изгибающейся арматуры в нижней части плиты фундамента ведем по изгибающим моментам в наиболее опасных сечениях фундамента, аналогично столбчатому фундаменту и сводим в таблицу 4.4.2.

$$M_{xi} = N_{cvi} \cdot x_i, \quad (4.4.7)$$

$$M_{yi} = N_{cvi} \cdot y_i, \quad (4.4.8)$$

где  $N_{cvi}$  – расчетная нагрузка на сваю;

$x_i, y_i$  – расстояние от центра каждой сваи до рассматриваемого сечения.

Моменты в сечениях:

$$M_{1-1} = 2 \cdot 42,95 \cdot 0 = 0 \text{ Тм};$$

$$M_{2-2} = 2 \cdot 42,95 \cdot 0,225 = 19,33 \text{ Тм.}$$

$$M_{1-1}^{\cdot} = 2 \cdot 42,95 \cdot 0 = 0 \text{ Тм};$$

$$M_{2-2}^{\cdot} = 2 \cdot 42,95 \cdot 0,225 = 19,33 \text{ Тм.}$$

									Лист
									93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП-08.05.01-2021

Таблица 4.6.2 – Расчет арматуры ростверка

Сечение	Момент, Тм	xi (yi), м	$\alpha_m$	$\xi$	$h_{0i}$ , м	$b_{0i}$ , м	$A_s$ , см <sup>2</sup>
1-1	0	0,30	0,000	0,995	0,55	1,8	0,00
2-2	19,33	0,525	0,005	0,995	1,55	1,2	3,37
1`-1`	0	0,30	0,000	0,995	0,55	1,8	0,00
2`-2`	19,33	0,53	0,005	0,995	1,55	1,2	3,37

В направлении  $l$  и  $b$  принимаем общую площадь поперечного сечения арматуры не менее  $3,37 \text{ см}^2$ .

Армируется подошва фундамента одной сеткой ГОСТ 23279-2012 с рабочей арматурой класса А400.

$$A_s = 3,37 \text{ см}^2$$

Необходимое число стержней в сетке:

$$n = \frac{1,8-0,1}{0,2} + 1 = 9,5.$$

Принимаем 10 стержня  $\varnothing 8$  А400 с суммарной площадью поперечного сечения:

$$A_s = 10 \cdot 0,503 = 5,03 \text{ см}^2.$$

Таким образом, принимаем сетку С1  $\frac{10\varnothing 8A400}{10\varnothing 8A400}$  1700x1700.

Сетки С2 и С3 для армирования принимаем конструктивно.

Для сетки С2 продольные стержни А400  $\varnothing 10$  мм расставляем с шагом 220 мм, поперечные А240  $\varnothing 8$  мм расставляем с шагом 400 мм.

Армирование фундамента представлено на рисунке 4.6.3.

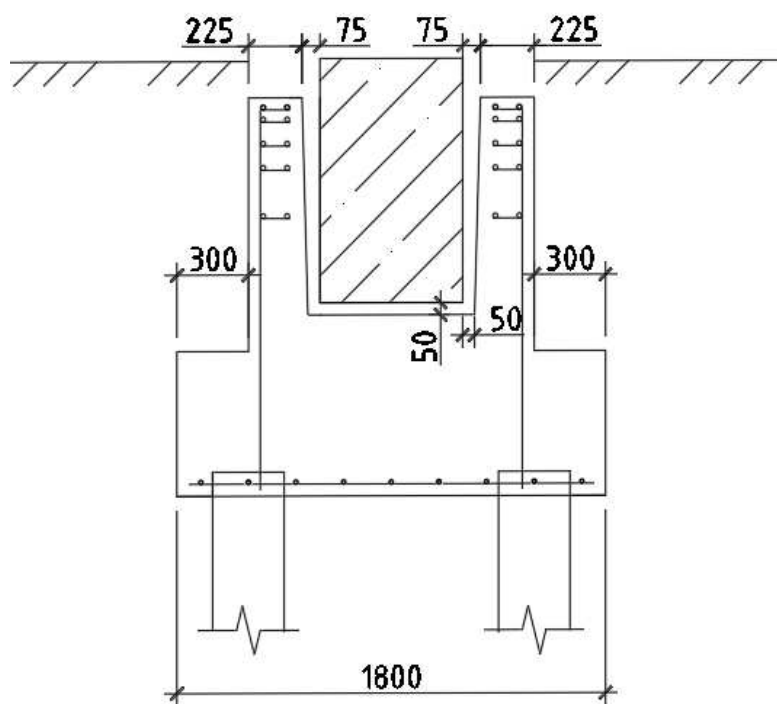


Рисунок 4.6.3 – Армирование свайного фундамента

#### 4.6.8. Выбор сваебойного оборудования. Назначение расчетного отказа

Сваебойное оборудование варьируют с учетом его производительности, соотношения массы молота и массы сваи.

Предварительно принимаем трубчатый дизель-молот С-330А с массой ударной части 200 кг; энергией удара  $E_d = 23$  кДж. Полной массы молота 4500 кг.

Расчетный отказ рассчитываем по формуле (4.4.9)

$$S_a = \frac{E_d \cdot \eta \cdot A}{F_d(F_d + \eta \cdot A)} \cdot \frac{m_1 + 0,2(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}, \quad (4.4.9)$$

где  $E_d$  – энергия удара молота, кДж;

$\eta$  – коэффициент, для железобетонных свай =  $1500 \text{ кН/м}^2$ ;

$m_1$  – масса молота;

$m_2$  – масса сваи;

$m_3$  – масса наголовника, 0,2 Т.

$$S_a = \frac{23 \cdot 1500 \cdot 0,09}{600(600 + 1500 \cdot 0,09)} \cdot \frac{4,5 + 0,2(2,28 + 0,2)}{4,5 + 2,28 + 0,2} = 0,005 \text{ м} = 0,5 \text{ см.}$$

Так как расчетный отказ 0,005 м находится в благоприятном интервале 0,005 – 0,01, то сваебойное оборудование подобрано верно.

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

## 5. Технологическая карта на устройство монолитного перекрытия Пм-1

### 5.1. Область применения

Данная технологическая карта разработана на устройство монолитного перекрытия Пм-1 многофункционального спортивного комплекса в г. Чита. Данная карта предназначена для нового строительства.

В состав работ, рассматриваемых в карте, входят:

- подача строительных материалов и изделий для бетонирования плиты;
- монтаж опалубки и бетоновода;
- вязка арматурных сеток и их монтаж в проектное положение;
- укладка бетонной смеси стационарным бетононасосом;
- разборка бетоновода и опалубки;
- уход за бетоном.

Объемы работ, используемые при разработке технологической карты:

- площадь монолитной плиты Пм-1 - 20138 м<sup>2</sup>;
- масса арматуры для плиты Пм-1 – 711 Т;
- объем бетона – 4028 м<sup>3</sup>.

### 5.2. Общие положения

Технологическая карта разработана в соответствии с «Методическими рекомендациями по разработке и оформлению технологических карт» МДС 12-29.2006.

Бетонирование конструкций зданий и сооружений производить с соблюдением требований СП49.13330.2010 "Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования", СП70.13330.2012 "Несущие и ограждающие конструкции", СП12-136-2002 «Безопасность труда в строительстве. Решение по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ», СП48.13330.2011 «Организация строительства».

Рабочие при производстве работ должны иметь с собой удостоверение на право производства конкретного вида работ, а также пройти первичный инструктаж по технике безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004-2015 "Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения".

Пожарную безопасность на строительной площадке следует обеспечить в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 №290 О противопожарном режиме и ГОСТ 12.1.004-91.

Производство работ – устройство монолитной плиты;

Вид работ – бетонирование.

#### 5.2.1. Организация и технология выполнения работ

До начала бетонирования должны быть выполнены все подготовительные работы. Кроме того, необходимо:

										Лист
										96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021					

- закончить работы по монтажу колонн;
- помещения, в которых будут вестись работы по возведению монолитных перекрытий необходимо освободить от приспособлений, инвентаря, неиспользованных строительных материалов;
- очистить основание, на которое будут устанавливаться стойки опалубки перекрытия от мусора, кроме того, оно должно быть рассчитано на передающиеся от стоек нагрузки.
- проверить прочность и герметичность опалубки;
- произвести приемку выполнения арматурных и опалубочных работ;
- смонтировать стационарный бетоновод;
- подготовить резервные места для приема бетонной смеси из автобетоносмесителей;
- устроить освещение в рабочем месте;
- выполнить ограждения проемов лестничных клеток и по периметру комплекса;

Для устройства опалубки в технологической карте предусматривается использование опалубочной системы «Variflex». Работы по монтажу опалубки в проектное положение включают следующие процессы:

- разметка основания под щиты опалубки;
- транспортировка опалубки в зону монтажа;
- обработка щитов опалубки антиадгезионной смазкой;
- монтаж щитов опалубки с закреплением;
- выверка щитов опалубки с доводкой их в проектное положение;
- выноска отметок верха плиты.

Работы по монтажу опалубки начинаются с установки основных стоек. Для этого производят разбивку основания под шаг основных стоек. Для данной плиты толщиной 200 мм принятые расстояния между стойками представлены на рисунке 5.1.  $A=2500$  мм,  $B=2000$  мм,  $C=500$  мм.

В качестве инструмента и оснастки используются рулетка и маркер. Предлагается следующая организация труда: рабочие П1 и П2 осуществляют транспортировку элементов опалубки в контейнерах вертикальным транспортом с помощью крана; звено рабочих П3 и П4, выполняют монтаж продольных балок; звено рабочих П5, П6 выполняет устройство вертикальных связей. Монтаж поперечных балок осуществляется звеньями из двух рабочих с помощью монтажных штанг.

						ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			97

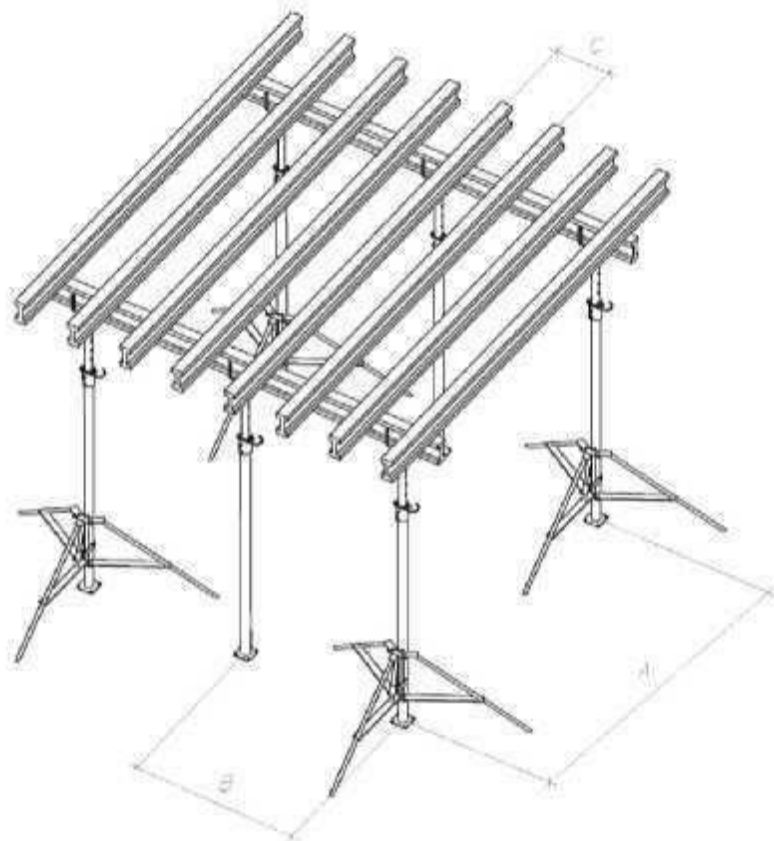


Рисунок 5.1 – Схема поддерживающих лесов

До начала работ по монтажу листов фанеры производится выравнивание поперечных балок с помощью рулетки, далее производится укладка фанеры на поперечные балки, с закреплением в углах листов фанеры гвоздями. Монтаж первых листов фанеры осуществляется с монтажных площадок. Первые в пролете листы фанеры укладываются и закрепляются с лесов, остальные листы с ранее уложенных. Гвоздями (саморезами) крепятся только крайние листы фанеры. Далее для перемещения людей на палубу используется инвентарная лестница.

На заключительном этапе опалубочных работ выполняют установку промежуточных стоек.

До начала арматурных работ необходимо:

- закончить работы по установке опалубки перекрытия, опалубка должна быть жестко раскреплена и обеспечена ее пространственная неизменяемость;
- установить инвентарные лестницы для подъема на опалубку перекрытия, проверить наличие и надежность ограждения по контуру опалубки перекрытия.

Арматурные работы включают в себя:

- транспортировка в зону укладки арматурных изделий, фиксаторов, закладных деталей, проеомобразователей, ПВХ-трубок;
- устройство разбивочной основы из направляющих арматурных стержней;
- устройство нижней сетки из отдельных арматурных стержней с вязкой стыков проволокой;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

98





утепленные полога (этафом, опилки) и устраиваются температурные скважины в теле бетона с помощью трубки ПВХ;

- подключение греющих проводов к питающим кабелям, подача напряжения с трансформатора (при зимнем бетонировании);
- замеры температуры бетона.

В начальный период твердения бетон необходимо защищать от попадания атмосферных осадков или потерь влаги (укрывать влагоёмким материалом), в последующем поддерживать температурно-влажностный режим с созданием условий, обеспечивающих нарастание его прочности (увлажнение или полив). Потребность в поливе определяется визуально, при осмотре состояния бетона.

Решение о распалубке конструкции принимается производителем работ на основании заключения строительной лаборатории о прочности бетона конструкции. Заключение дается по результатам испытания контрольных образцов кубов, хранящихся в естественных и нормальных условиях, а также результатам испытания прочности бетона методами неразрушающего контроля молотком Кошкарлова в специально выровненных участках на верхней грани возводимой плиты перекрытия. Распалубка перекрытий производится после набора прочности бетона 70% от проектной.

### 5.2.2. Подбор крана по техническим параметрам

Выбор монтажного крана производится по трем параметрам: грузоподъемности; высоте подъема стрелы и наибольшего вылета крюка.

$$Q_k \geq q_3 + q_2 + q_m, \quad (5.2.1)$$

$$H_k \geq h_0 + h_3 + h_3 + h_2, \quad (5.2.2)$$

$$L_k \geq B + f + f^* + d + R_{\text{пов}}, \quad (5.2.3)$$

где  $q_3$  - масса монтируемого элемента, T;

$q_2$  - масса грузозахватных приспособлений, T;

$q_m$  - масса монтажных приспособлений, T;

$h_0$  - высота уровня стоянки крана до опоры монтируемого элемента, м;

$h_3$  - высота подъема элемента над опорой, м;

$h_3$  - высота элемента в положении подъема, м;

$h_2$  - высота грузозахватного устройства, м;

$B$  - ширина здания в осях, м;

$f, f^*$  - расстояние от осей до выступающих частей здания, м,

$d$  - расстояние между выступающей частью здания и хвостовой частью крана при его повороте, принимаемое равным 0,7 м при высоте выступающей части здания до 2 м и 0,4 м при высоте выступающей части здания более 2 м;

									Лист
									100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$R_{пов}$  - радиус, описываемый хвостовой частью крана при его повороте (задний габарит), м.

Определяем кран для наиболее тяжелого элемента – арматурные стержни весом – 2 Т.

$$Q_k = 2 + 0,053 = 2,053T.$$

$$H_k = 31,65 + 1 + 1 + 3 = 36,65 м.$$

$$L_k = 34,45 + 3 + 3 = 40,45 м.$$

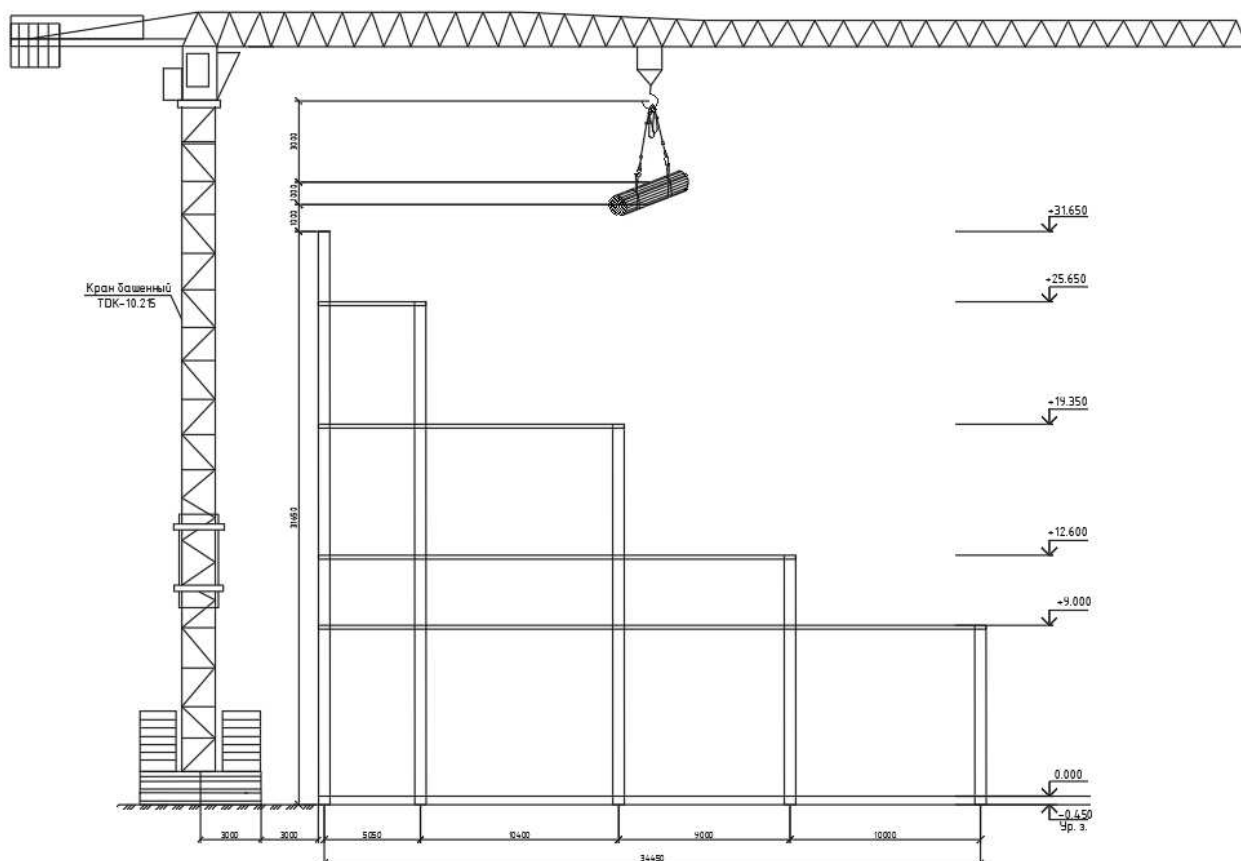


Рисунок 5.2 – Схема привязки башенного крана

Принимаем башенный кран ТДК-8.180 со следующими техническими характеристиками:

Наибольшая грузоподъемность, Т: 8;

Максимальная высота подъема крюка, м: 60;

Грузоподъемность крана при вылете стрелы 40,45 м составляет 2,3 Т. Номограмму крана см. Лист 11 графической части.

### 5.2.3. Требования к качеству работ

На объекте ежемесячно должен вестись журнал бетонных работ.

При приемке забетонированных конструкций, согласно требованиям действующих государственных стандартов, необходимо определять:

										Лист
										101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП-08.05.01-2021					



а в дальнейшем – не реже одного раза в 3 месяца и при изменении состава бетона или характеристик используемых материалов.

При механическом методе контроля прочности бетона используют эталонный молоток Кашкарова.

Результаты контроля качества бетона должны отражаться в журнале и актах приемки работ.

В процессе армирования конструкций контроль осуществляется при приемке стали (наличие заводских марок и бирок, качество арматурной стали), при складировании и транспортировке (правильность складирования по маркам, сортам, размерам, сохранность при перевозках), при изготовлении арматурных элементов и конструкций (правильность формы и размеров, качество сварки, соблюдение технологии сварки). После установки и соединения всех арматурных элементов в блоке бетонирования проводят окончательную проверку правильности размеров и положения арматуры с учетом допускаемых отклонений. Состав операций и средства контроля при устройстве монолитной плиты представлены в таблицах 5.1-5.3.

Таблица 5.1 – Состав операций и средства контроля по монтажу инвентарной опалубки перекрытий

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (по какому нормативному документу)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля
Подготовительные работы	Проверить:	Визуальный	Паспорт (сертификат), общий журнал работ (журнал бетонных работ)
	- наличие документа о качестве на опалубку;		
	- наличие ППР на установку и приемку опалубки;	То же	
	- качество подготовки и отметки несущего основания;	Визуальный, измерительный	
	- наличие и состояние крепежных элементов, средств подмащивания.	Визуальный	
Сборка опалубки	Контролировать:	Технический осмотр	Общий журнал работ (журнал бетонных работ)

Продолжение таблицы 5.1

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (по какому нормативному документу)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля
	- соблюдение порядка сборки щитов опалубки, установки крепежных элементов, средств подмащивания, закладных элементов;		
	- плотность сопряжения щитов опалубки между собой и с ранее уложенным бетоном;	Измерительный, всех элементов	
	- соблюдение геометрических размеров и проектных наклонов плоскостей опалубки;	То же	
	- надежность крепления щитов опалубки.	Технический осмотр	
Приемка опалубки	Проверить: - соответствие геометрических размеров опалубки проектным;	Измерительный, всех элементов	
	- положение опалубки относительно разбивочных осей в плане и по вертикали, в т. ч. обозначение проектных отметок верха бетонируемой конструкции внутри поверхности опалубки;	Измерительный	Общий журнал работ (журнал бетонных работ)



Окончание таблицы 5.2

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (по какому нормативному документу)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля
	- величину защитного слоя бетона.	- » -	
Приемка выполненных работ	Проверить: - соответствие положения установленных арматурных изделий проекту;	Визуальный, измерительный	Акт освидетельствования скрытых работ
	- величину защитного слоя бетона;	Измерительный	
	- надежность фиксации арматурных изделий в опалубке;	Технический осмотр всех элементов	
	- качество выполнения сварки (вязки) узлов каркаса.	То же	

Контрольно-измерительный инструмент: отвес, рулетка металлическая.  
Операционный контроль осуществляют: мастер (прораб).

Приемочный контроль осуществляют: работники службы качества, мастер (прораб), представители технадзора заказчика.

Таблица 5.3 – Состав операций и средства контроля по бетонным работам

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (по какому нормативному документу)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля
Подготовительные работы	Проверить: - наличие актов на ранее выполненные скрытые работы;	Визуальный	Общий журнал работ, акт приемки ранее выполненных работ, паспорта (сертификаты)
	- правильность установки и надежность закрепления опалубки, поддерживающих лесов, креплений и подмостей;	Технический осмотр	
	- подготовленность всех механизмов и приспособлений, обеспечивающих производство бетонных работ;	Визуальный	
	- чистоту основания или ранее уложенного слоя бетона и внутренней поверхности опалубки;	То же	
	- наличие на внутренней поверхности опалубки смазки;	- » -	



Окончание таблицы 5.3

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (по какому нормативному документу)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля
	- состояние арматуры и закладных деталей (наличие ржавчины, масла и т. д.), соответствие положения установленных арматурных изделий проектному;	Технический осмотр, измерительный	
	- выносу проектной отметки верха бетонирования на внутренней поверхности опалубки.	Измерительный	
Укладка бетонной смеси, твердение бетона, распалубка	Контролировать: - качество бетонной смеси;	Лабораторный (до укладки в конструкцию)	Общий журнал работ, журнал бетонных работ
	- состояние опалубки;	Технический осмотр	
	- высоту сбрасывания бетонной смеси, толщину укладываемых слоев, шаг перестановки глубинных вибраторов, глубину их погружения, продолжительность вибрирования, правильность выполнения рабочих швов;	Измерительный, 2 раза в смену	
	- температурно-влажностный режим твердения бетона согласно требованиям ППР;	Измерительный, в местах, определенных ППР	
	- фактическую прочность бетона и сроки распалубки	Измерительный, не менее одного раза на весь объем распалубки	
Приемка выполненных работ	Проверить: - фактическую прочность бетона;	Лабораторный	Общий журнал работ, геодезическая исполнительная схема
	- качество поверхности конструкций, геометрические ее размеры, соответствие проектному положению всей конструкции, а также отверстий, каналов, проемов, закладных деталей	Визуальный, измерительный, каждый элемент конструкции	

Контрольно-измерительный инструмент: отвес строительный, рулетка, линейка металлическая, нивелир.

Операционный контроль осуществляют: мастер (прораб), инженер лабораторного поста - в процессе выполнения работ.

Приемочный контроль осуществляют: работники службы качества, мастер (прораб), представители технадзора заказчика.

#### 5.2.4. Потребность в материально-технических ресурсах

Организация бетонных работ должна предусматривать полную обеспеченность комплексных бригад нормокомплектами, включающими оборудование, механизированный инструмент, инвентарь и приспособления. Потребность в материально-технических ресурсах приведена в таблица 5.4 и 5.5.

Таблица 5.4 – Ведомость потребности в инструментах, инвентаре и приспособлениях

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование технологической оснастки, инструмента, инвентаря, тип	Основная техническая характеристика, параметр	Кол-во
Монтаж опалубки	Строп 4СК1-10/2000	L=2м, Q=10Т	1
	Строп 5СК-10/2000	L=5м, Q=10Т	1
	Ножовка по дереву	500x40x155мм, m=0,57кг	16
	Цепная пила Makita	1900Вт, L=356мм, m=4,7кг	4
	Дрель-шуруповерт Makita DF333	m=1,1кг	16
	Уровень строительный УС500	500x25x50мм, m=0,48 кг	6
	Бита для шуруповерта	PH2 50мм	100
	Лом монтажный ЛМ-24	L=1180мм, d=24мм, m=4,2кг	4
	Рулетка измерительная металлическая	L=5м, m=0,07кг	20
	Нивелир		2
	Строительный топор	m=2,720кг	10
	Перчатки резиновые		228
	Каска строительная		57
	Арматурные работы	Строп 4СК1-10/3000	L=3м, Q=10Т
Круг отрезной по металлу		125xx1,2x22	200
Угловая шлифмашинка		2000 Вт, 6600 об/мин. 230 мм	4
Профилегибочный станок		ручной, угол загиба 180	2
Крюк для вязки арматуры		m=0,12кг	40
Лом монтажный ЛМ-24		L=1180мм, d=24мм, m=4,2кг	2
Рулетка измерительная металлическая		L=5м, m=0,07кг	40
Нивелир			2

## Окончание таблицы 5.4

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование технологической оснастки, инструмента, инвентаря, тип	Основная техническая характеристика, параметр	Кол-во
	Уровень строительный УС500	500x25x50мм, m=0,48 кг	10
	Штангенциркуль ШЦ-1-125		2
	Болторез		2
	Пояс предохранительный	Ручной, L=900мм, m=5,35кг	10
	Каска строительная		57
	Перчатки резиновые		228
Укладка бетонной смеси	Лопата совковая ЛС-2	L=1150мм, m=1,5кг	40
	Рейка-правило	L=3000мм	6
	Уровень строительный УС500	500x25x50мм, m=0,48 кг	6
	Кельма	Материал - сталь	20
	Шнур разметочный	L=100м, 129x77 мм, m=0,1кг	10
	Гладилка по бетону	2600x150x70мм, m=3,08кг	10
	Вибратор глубинный электрический	Диаметр булавки 38мм	8
	Сапоги резиновые		110
	Перчатки резиновые		228
	Компрессор	Производительностью до 1м3/мин	4
	Каска строительная		57

Таблица 5.5 – Материалы и изделия

Наименование технологического процесса и его операций	Марка, техническая характеристика, ГОСТ	Единица измерения	Потребность на объем работ
Бетонирование	Бетон класса В25	100 м <sup>3</sup>	40,28
Опалубочные работы	Фанера ламинированная	1 м <sup>2</sup>	20138
Опалубочные работы	Главные инвентарные балки	шт.	3944
Опалубочные работы	Второстепенные балки	шт.	15776
Опалубочные работы	Стойки	шт.	8208
Опалубочные работы	Треноги	шт.	4104
Опалубочные работы	Вилки универсальные	шт.	8208

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

109

### Окончание таблицы 5.5

Наименование технологического процесса и его операций	Марка, техническая характеристика, ГОСТ	Единица измерения	Потребность на объем работ
Армирование конструкций	Арматурные стержни	100 Т.	7,113

#### 5.2.5. Техника безопасности и охрана труда

Бетонирование конструкции зданий и сооружений производить с соблюдением требований.

Ежедневно перед началом укладки бетона в опалубку необходимо проверять состояние тары, опалубки и средств подмащивания. Обнаруженные неисправности следует незамедлительно устранять.

Работники не моложе 18 лет, прошедшие соответствующую подготовку, имеющие профессиональные навыки по выполнению бетонных работ, перед допуском к самостоятельной работе должны пройти:

– обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования) для признания годными к выполнению работ в порядке, установленном Минздравом России;

– обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочем месте и проверку знаний требований охраны труда.

Для защиты от механических воздействий, воды, щелочи бетонщики обязаны использовать предоставляемые работодателями бесплатно брюки брезентовые, куртки хлопчатобумажные или брезентовые, сапоги резиновые или ботинки кожаные, рукавицы комбинированные, костюмы на утепляющей прокладке и валенки для зимнего периода. При нахождении на территории стройплощадки бетонщики должны носить защитные каски.

Помимо этого, в зависимости от условий работы бетонщики обязаны использовать дежурные средства индивидуальной защиты, в том числе:

– при применении бетонных смесей с химическими добавками для защиты кожи рук и глаз - защитные перчатки и очки;

– при работе с электровибраторами, а также работах по электропрогреву - диэлектрические перчатки и сапоги.

Допуск посторонних лиц, а также работников в нетрезвом состоянии на указанные места запрещается.

Бетонщик обязан немедленно извещать своего непосредственного или вышестоящего руководителя работ о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о появлении острого профессионального заболевания (отравления).

Требования безопасности перед началом работы:

						<i>ДП-08.05.01-2021</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			110

– при уплотнении бетонной смеси электровибраторами перемещать вибратор за токоведущие кабели не допускается, а при перерывах в работе и при переходе с одного места на другое электровибраторы необходимо выключать;

– запрещается переход бетонщиков по не закрепленным в проектное положение конструкциями средствам подмащивания, не имеющим ограждения или страховочного каната;

– в каждой смене должен быть обеспечен постоянный технический надзор со стороны прорабов, мастеров, бригадиров и других лиц, ответственных за безопасное ведение работ, следящих за исправным состоянием лестниц, подмостей и ограждений, а также за чистотой и достаточной освещенностью рабочих мест и проходов к ним, наличием и применением предохранительных поясов и защитных касок;

– вибраторы при переносе на новое место работы выключаются. Перетаскивать их за шланговые провода или токопроводящий кабель запрещается;

– рукоятки вибратора должны иметь амортизаторы, а корпус до начала работ – заземлен. В процессе вибрирования бетонной смеси через каждые 30-35 минут необходимо выключать вибратор на 5-7 минут для его охлаждения.

Перед началом работы бетонщики обязаны:

- надеть спецодежду, спецобувь и каску установленного образца;
- предъявить руководителю работ удостоверение о проверке знаний безопасных методов работ и получить задание с учетом обеспечения безопасности труда исходя из специфики выполняемой работы.

После получения задания у бригадира или руководителя работ бетонщики обязаны:

- при необходимости подготовить средства индивидуальной защиты и проверить их исправность;
- проверить рабочее место и подходы к нему на соответствие требованиям безопасности;
- подобрать технологическую оснастку, инструмент, необходимые при выполнении работы, и проверить их соответствие требованиям безопасности;
- проверить целостность опалубки и поддерживающих лесов.

В случае непрерывного технологического процесса, бетонщики осуществляют проверку исправности оборудования и оснастки во время приема и передачи смены.

Бетонщики не должны приступать к выполнению работ при следующих нарушениях требований безопасности:

- повреждения целостности или потери устойчивости опалубки и поддерживающих лесов;
- отсутствии ограждения рабочего места при выполнении работ на расстоянии менее 2 м от границы перепада по высоте 1,3 м и более;

					<i>ДП-08.05.01-2021</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		111

– неисправностях технологической оснастки и инструмента, указанных в инструкциях заводов-изготовителей, при которых не допускается их применение;

– несвоевременности проведения очередных испытаний или истечения срока эксплуатации средств защиты, установленных заводом-изготовителем;

– недостаточной освещенности рабочих мест и подходов к ним.

Обнаруженные нарушения требований безопасности труда должны быть устранены собственными силами, а при невозможности сделать это бетонщики обязаны незамедлительно сообщить о них бригадиру или руководителю работ.

Требования безопасности во время работы:

– размещение на опалубке оборудования и материалов, не предусмотренных проектом производства работ, а также пребывание людей, непосредственно не участвующих в производстве работ на настиле опалубки не допускается;

– для перехода бетонщиков с одного рабочего места на другое бетонщики должны использовать оборудованные системы доступа (лестницы, трапы, мостики).

– по уложенной арматуре следует только по специальным мостикам шириной не менее 0,6 м, устроенном на козелках, установленных на опалубку;

– нахождение бетонщиков на элементах строительных конструкций, удерживаемых краном, не допускается;

– опалубка перекрытий должна быть ограждена по всему периметру. Все отверстия в полу опалубки должны быть закрыты. При необходимости оставлять отверстия открытыми их следует затягивать проволочной сеткой.

– рабочие места и проходы к ним, расположенные на перекрытиях, покрытиях на высоте более 1,3 м и на расстоянии менее 2 м от границы перепада по высоте, должны быть ограждены защитными или страховочными ограждениями, а при расстоянии более 2 м - сигнальными ограждениями, соответствующими требованиям государственных стандартов.

В процессе перемещения конструкций на место установки с помощью крана монтажники обязаны соблюдать следующие габариты приближения их к ранее установленным конструкциям и существующим зданиям и сооружениям:

– допустимое приближение стрелы крана - не более 1 м;

– минимальный зазор при переносе конструкций над ранее установленными - 0,5 м;

– допустимое приближение поворотной части грузоподъемного крана - не менее 1 м.

Для предотвращения обрушения опалубки от действия динамических нагрузок (бетона, ветра и т.п.) необходимо устраивать дополнительные крепления (расчалки, распорки и т.п.) согласно проекту производства работ.

									Лист
									112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП-08.05.01-2021

При подаче бетона с помощью бетоновода необходимо:

- осуществлять работы по монтажу, демонтажу и ремонту бетоноводов, а также удалению из них пробок только после снижения давления до атмосферного;
- удалять всех работающих от бетоновода на время продувки на расстояние не менее 10 м.
- к работе с электровибраторами допускаются бетонщики, имеющие II группу по электробезопасности.

При уплотнении бетонной смеси электровибраторами бетонщики обязаны выполнять следующие требования:

- отключать электровибратор при перерывах в работе и переходе в процессе бетонирования с одного места на другое;
- перемещать площадочный вибратор во время уплотнения бетонной смеси с помощью гибких тяг;
- выключать вибратор на 5 - 7 мин для охлаждения через каждые 30 - 35 мин работы;
- не допускать работу вибратором с приставных лестниц; навешивать электропроводку вибратора, а не прокладывать по уложенному бетону;
- закрывать во время дождя или снегопада выключатели электровибратора.

Разбирать и передвигать опалубку следует только с разрешения руководителя работ. При разборке опалубки следует принимать меры против случайного падения элементов опалубки, обрушения поддерживающих лесов и конструкций.

Запрещается складировать разбираемые элементы опалубки на подмостях (лесах) или рабочих настилах, а также сбрасывать их с высоты.

При электропрогреве бетона монтаж и присоединение электрооборудования к питающей сети должны выполнять электромонтеры или бетонщики, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

Пребывание людей и выполнение каких-либо работ на участках электропрогрева, находящихся под напряжением, не разрешается.

#### 5.2.6. Техничко-экономические показатели

Критериями технологической карты являются технико-экономические показатели. Они приведены в калькуляции и графической части работы.

Все данные определяются по калькуляции и графику производства работ [графическая часть].

Нормативные затраты труда определяются по формуле:

$$Q_{\text{чел-см}} = Q_{\text{чел-час}} / T_{\text{см}} = 33330,84 / 8 = 4166,35_{\text{чел-см}}$$

Выработка одного рабочего в смену:

									Лист
									113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$H_{\text{выр}} = V_{\text{работ}} / Q_{\text{чел-см}} = 4028 / 4166,35 = 0,97 \text{ м}^3$$

Продолжительность работ по устройству монолитной плиты – 105,12 дней. Максимальное число работающих 57 человек.

Все работы ведутся в две смены.

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114



## 6. Организация строительного производства

### 6.1. Проектирование строительного генерального плана

Объектный строительный план разрабатывается на период возведения надземной части сооружения, с целью определения оптимального решения по расположению временных зданий бытового и административного характера для обслуживания персонала на площадке; мест складирования конструкций, и их укрупнительной сборки, а также расположения временных дорог, инженерных сетей и других коммуникаций, необходимых для обслуживания строительной площадки.

### 6.2. Подбор крана для монтажа

Для монтажа конструкций покрытия определим грузоподъемность крана для наиболее тяжелого элемента – часть металлической фермы, имеющей вес  $q_3 = 17,63T$ , по формуле (5.1.1).

$$Q_k = 17,63 + 3,34 = 21T .$$

$$H_k = 54,15 + 11 + 3 + 1 = 69,15 м .$$

$$L_k = 29 + 3 + 3 = 35 м$$

Принимаем кран Liebherr LR – 160 со следующими техническими характеристиками:

Длина стрелы  $L, м$ : 52,1

Максимальная грузоподъемность  $Q, T$ : 160

Максимальный вылет стрелы,  $м$ : 135

### 6.3. Определение зон действия крана

При работе крана выделяются следующие зоны действия крана:

Монтажная зона – пространство, в котором возможно падение элемента со здания при его установке и временном закреплении. Величина этой зона зависит от высоты здания и длины падающего элемента, а также величины рассеивания при падении.

$$R_{\text{монт.}} = L_x + X = 27,4 + 6 = 33,4 м$$

где  $L_x$  – наибольший габарит перемещаемого груза;

$X$  – величина отлета падающего груза, принимаемая по [24, табл. 3].

Рабочая зона крана – пространство, очерчиваемое крюком крана. Она равна максимальному расчетному вылету крана, т.е.  $R_{\text{раб}} = 35 м$ .

Зона перемещения груза – пространство, в котором возможно падения груза без учета его рассеивания при падении.

					<i>ДП-08.05.01-2021</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		115

$$R_{з.п.з.} = R_{раб} + 0,5L_{эл} = 35 + 0,5 \cdot 27,4 = 48,7 м,$$

где  $L_{эл}$  – наибольший габарит перемещаемого груза;

Опасная зона действия – пространство, где возможно падение груза при его перемещении с учетом вероятного рассеивания при падении.

$$R_{он} = R_p + 0,5 \cdot B_x + L_x + X = 35 + 0,5 \cdot 13,84 + 27,4 + 8 = 77,32 м$$

где  $R_{он}$  – опасная зона действия крана;

$R_p$  – максимальный требуемый вылет крюка крана;

$B_x$  – наименьший габарит перемещаемого груза;

$L_x$  – длина самого длинного элемента;

$X$  – величина отлета падающего груза.

#### 6.4. Временные дороги

Основным типом автомобильных дорог на стройплощадке являются временные дороги, так как постоянные дорог обычно не обеспечивают проезда крупногабаритного транспорта, используемого при строительстве.

Схема движения транспорта и схема расположения дорог в плане обеспечивают проезд к зоне действия монтажных и погрузочно-разгрузочных механизмов, складам и бытовым помещениям.

Дороги являются двухполосными, ширина составляет 6 м. На участках дорог в зоне выгрузки и складирования материалов, ширина дороги увеличивается до 6,5 м. Радиус закругления дорог принят 12 м.

#### 6.5. Проектирование складов

Для определения площади складов необходимо рассчитать запас материалов  $P$ ,  $м^2$ , по формуле

$$P = \frac{P_{общ}}{T} \cdot T_n \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.3)$$

где  $P_{общ}$  – общее количество материалов, требуемых для выполнения плана строительства на расчетный период;

$T$  – продолжительность расчетного периода по календарному плану;

$T_n$  – норма запаса материала в днях;

$K_1$  – коэффициент неравномерности поступления материалов на склад;

$K_2$  – коэффициент неравномерности производственного потребления материалов в течение расчетного периода.

Полезная площадь складов без учета проходов  $F$ ,  $м^2$ , определяется по формуле

$$F = \frac{P}{V}, \quad (6.4)$$

										Лист
										116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Окончание таблицы 6.2

Наименование	Основные технические характеристики	Количество
Кран Liebherr LR-160	Грузоподъемность 160 Т	1
Бетононасос Liebherr 110-D	V=600 л, H=160 м, Q=110 м <sup>3</sup> /ч	1

### 6.7. Расчет временных зданий на строительной площадке

Для расчета площадей необходимо определить максимальное количество работников. Согласно [25, п. 4.14.1], принимаем следующее распределение кадров:

- Рабочих в наиболее нагруженную смену – 84,5%;
- ИТР – 11%;
- Служащие – 3,2%;
- МОП и охрана – 1,3%.

Отсюда получаем максимальное количество людей на стройплощадке

- Рабочих в наиболее нагруженную смену – 100 чел.;
- ИТР – 11 чел.;
- Служащие – 4 чел.;
- МОП и охрана – 2 чел..

Потребность во временных инвентарных зданиях определяется путем прямого счета.

Для инвентарных зданий санитарно-бытового назначения:

$$S_{\text{тр}} = N \cdot S_{\text{п}},$$

где  $S_{\text{тр}}$  – требуемая площадь, м<sup>2</sup>;

$N$  – общая численность работающих (рабочих) или численность работающих (рабочих) в наиболее многочисленную смену, чел;

$S_{\text{п}}$  – нормативный показатель площади, м<sup>2</sup>/чел.

Гардеробная

$$S_{\text{тр}} = N \cdot 0,7 = 100 \cdot 0,7 = 70 \text{ м}^2,$$

где  $N$  – общая численность рабочих.

Душевая

$$S_{\text{тр}} = N \cdot 0,54 = 80 \cdot 0,54 = 43,2 \text{ м}^2,$$

где  $N$  – численность рабочих в наиболее многочисленную смену, пользующихся душевой (80%).

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

Умывальная

$$S_{\text{тр}} = N \cdot 0,2 = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ м}^2,$$

где N – численность работающих в наиболее многочисленную смену.

Сушилка

$$S_{\text{тр}} = N \cdot 0,2 = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ м}^2,$$

где N – численность рабочих в наиболее многочисленную смену.

Помещение для обогрева рабочих

$$S_{\text{тр}} = N \cdot 0,1 = 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ м}^2,$$

где N – численность рабочих в наиболее многочисленную смену.

Туалет

$$S_{\text{тр}} = (0,7 \cdot N \cdot 0,1) \cdot 0,7 + (1,4 \cdot N \cdot 0,1) \cdot 0,3 = (0,7 \cdot 100 \cdot 0,1) \cdot 0,7 + (1,4 \cdot 100 \cdot 0,1) \cdot 0,3 = 33,25 \text{ м}^2,$$

где N – численность рабочих в наиболее многочисленную смену;

0,7 и 1,4 – нормативные показатели площади для мужчин и женщин соответственно;

0,7 и 0,3 – коэффициенты, учитывающие соотношение, для мужчин и женщин соответственно.

Для инвентарных зданий административного назначения

$$S_{\text{тр}} = N \cdot S_{\text{н}} = 6 \cdot 4 = 24 \text{ м}^2,$$

где N – общая численность ИТР, служащих, МОП и охраны в наиболее многочисленную смену, чел;

$S_{\text{н}} = 4$  – нормативный показатель площади, м<sup>2</sup>/чел.

Расчет площадей временных зданий представлен в таблице 5.3.

Таблица 6.3 – Расчет временных зданий

№ п/п	Назначение инвентарного здания	Требуемая площадь, м <sup>2</sup>	Полезная площадь инвентарного здания, м <sup>2</sup>	Число инвентарных зданий
1.	Гардеробная	70	220,45	1
2.	Душевая	43,2		
3.	Умывальная	20		
4.	Сушилка	20		

Окончание таблицы 6.3

№ п/п	Назначение инвентарного здания	Требуемая площадь, м <sup>2</sup>	Полезная площадь инвентарного здания, м <sup>2</sup>	Число инвентарных зданий
5.	Помещение для обогрева рабочих	10		
6.	Туалет	33,25		
7.	Прорабская	24		

### 6.8. Электроснабжение строительной площадки

Необходимая мощность  $P$ , кВт, для обеспечения строительной площадки электроэнергией определяют по формуле

$$P = \alpha \cdot \left( \sum \frac{K_1 \cdot P_c}{\cos \varphi} + \sum \frac{K_2 \cdot P_T}{\cos \varphi} + \sum K_3 \cdot P_{осн} + \sum K_4 \cdot P_n \right), \quad (6.8)$$

где  $P$  – расчетная нагрузка потребителей, кВт;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий потери мощности и зависящий от ее протяженности;

$K_1, K_2, K_3, K_4$  – коэффициенты спроса, определяемые числом потребителей и несовпадением времени их работы;

$P_c$  – мощность силовых потребителей, кВт;

$P_T$  – мощность, требуемая для технологических нужд, кВт;

$P_{осв}$  – мощность, требуемая для наружного освещения, кВт;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности сети, зависящий от характера загрузки.

Таблица 6.4 – Расчет электроснабжения строительной площадки

Тип потребителя	Ед. изм.	Количество	Удельная мощность на ед. изм., кВт	Коэффициент спроса $K_c$	Требуемая мощность, кВт
Силовые	шт	10	5	0,15	15
Технологические	шт	25	25	0,15	157
Внутреннее освещение	м2	53040	663	0,8	637
Наружное освещение	м2; км	71543; 2,7	0,0002; 5	1	68
Всего					877

$$P = 1,1 \cdot (15 + 157 + 637 + 68) = 965 \text{ кВт}$$

Принимаем трансформаторную подстанцию КТП-1000, мощностью 1000 кВт и размерами 2х3 м.

Количество необходимых прожекторов определяется по формуле

$$n = \frac{P \cdot E \cdot S}{P_L}, \quad (6.8)$$

где  $P$  – удельная мощность, Вт/м<sup>2</sup>;

$E$  – освещенность, лк;

$S$  – площадь, подлежащая освещению, м<sup>2</sup>;

$P_L$  – мощность лампы прожектора, Вт.

$$n = \frac{0,2 \cdot 1,5 \cdot 715430}{2500} = 31шт$$

Принимаем 31 прожекторов с расстановкой по периметру строительной площадки.

В качестве источника электроэнергии принимаем районные сети высокого напряжения 6 кВ. В подготовительный период строительства сооружают ответвления от высоковольтной линии на площадку и трансформаторную подстанцию мощностью 1000 кВт. Питание от этой сети производится с трансформацией тока напряжения 220-380 В.

В качестве временных линий (ЛЭП) применяем воздушные линии электропередач.

### 6.9. Водоснабжение строительной площадки

Потребность воды для строительной площадки  $Q_{общ}$ , л/с, определяется для периода с максимальным водопотреблением по формуле

$$Q_{общ} = Q_{пож} + 0,5 \cdot (Q_{пр} + Q_{хоз-быт}), \quad (6.8)$$

где  $Q_{пож}$ ,  $Q_{пр}$ ,  $Q_{хоз-быт}$  – расход воды на противопожарные нужды, на производственные нужды, хозяйственно-бытовые.

Расход воды на производственные нужды  $Q_{пр}$ , л/с, определяется по формуле

$$Q_{пр} = 1,2 \cdot \sum \frac{V \cdot q \cdot Kч}{t \cdot 3600}, \quad (6.9)$$

где  $V$  – объем строительно-монтажных работ;

$q$  – норма удельного расхода воды на единицу потребителя, л;

$Kч$  – коэффициент часовой неравномерности потребления воды в течение смены для данной группы потребителей;

$t$  – количество часов потребления в смену, ч.

										Лист
										121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						





прогрев бетона, подогрев заполнителей и др.), отопления и сушки строящихся объектов, отопления, вентиляции и горячего водоснабжения санитарно-бытовых и административно-складских объектов (мобильные здания, используемые постоянные и временные здания).

Расход тепла для отопления зданий и бытовых помещений определяют по формуле

$$Q_1 = [Vq_0(t_B - t_H)], \quad (6.14)$$

где  $V$  - объем здания,  $м^3$ ;

$q_0$  - удельная тепловая характеристика здания,  $ккал/м^3$ ;

$t_B$  - внутренняя температура воздуха;

$t_H$  - наружная температура.

Для бытового городка:

$$Q_2 = [630 \cdot 0,359 \cdot (20 - (-11,3))] = 7079,121 \text{кДж}.$$

Для основного здания:

$$Q_2 = [489107 \cdot 0,243 \cdot (20 - (-11,3))] = 3720098,93 \text{кДж}.$$

Общая потребность в тепле:

$$Q = (Q_1 + Q_2) \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (6.15)$$

где  $k_1, k_2$  - повышающий коэффициенты на неучтенный расход тепла и на потери тепла в сети, соответственно.

$$Q = (7079,121 + 3720098,93) \cdot 1,15 \cdot 1,15 = 4929192,97 \text{кДж}.$$

### 6.11. Расчет потребности в сжатом воздухе, кислороде и ацетилене

Сжатый воздух используется на строительной площадке для обеспечения перфорационного инструмента, подачи раствора и др.

Кислород и ацетилен применяются для выполнения сварочных работ.

На стадии разработки проекта производства работ потребность в сжатом воздухе определяется по формуле

$$Q = 1,1 \cdot \sum k \cdot q \cdot n, \quad (6.16)$$

где  $k$  - коэффициент, учитывающий одновременность работы однородных механизмов;

$q$  - расход сжатого воздуха соответствующими механизмами,  $м^3/мин$ ;

$n$  - число однородных механизмов.

$$Q = 1,1 \cdot (1 \cdot 3 \cdot 0,9 + 2 \cdot 3 \cdot 0,9 + 0,3 \cdot 3 \cdot 0,9) = 9,8 \text{м}^3.$$

Применяем стационарную компрессорную установку.

										Лист
										123
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП-08.05.01-2021

Кислород и ацетилен поставляют в стальных баллонах и хранят в закрытых складах, защищая баллоны от перегрева, либо применяют кислородные и ацетиленовые установки, как в нашем случае.

### **6.12. Описание проектных решений и мероприятий по охране окружающей среды в период строительства**

Предусматривается установка границ строительной площадки, которая обеспечивает максимальную сохранность за территорией строительства деревьев, кустарников, травяного покрова.

Исключается беспорядочное и неорганизованное движение строительной техники и автотранспорта. Временные автомобильные дороги и другие подъездные пути устраиваются с учетом требований по предотвращению повреждений древесно-кустарной растительности.

Бетонная смесь и строительные растворы хранятся в специальных ёмкостях.

При организации строительного производства необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей природной среды, которые должны включать рекультивацию земель, предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение или очистку вредных выбросов в почву, водоемы и атмосферу.

На территории строящихся объектов не допускается непредусмотренное проектной документацией сведение древесно-кустарниковой растительности и засыпка грунтом корневых шеек и стволов растущих деревьев и кустарников.

При выполнении планировочных работ почвенный слой, пригодный для последующего использования, должен предварительно сниматься и складироваться в специально отведенных местах.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ.

В застроенной части города у выезда со стройплощадки устанавливается место для мойки колес строительного транспорта.

Для снижения отрицательного воздействия строительного производства на окружающую среду отходы, образующиеся при производстве строительно-монтажных работ, предусматривается вывозить на полигон ТБО.

### **6.13. Продолжительность строительства**

Ввиду отсутствия прямых норм продолжительности строительства футбольного стадиона в [26] определяем продолжительность строительства по объекту-аналогу: стадиону Открытие Арена «Стадион Спартак» со следующими технико-экономическими показателями:

Общая площадь, м<sup>2</sup>: 53758

Строительный объем, м<sup>3</sup>: 641585

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

Высотная отметка, м: +52,64

Продолжительность строительства: 54 мес.

**Технико-экономические показатели строящегося объекта:**

Общая площадь, м<sup>2</sup>: 40982

Строительный объем, м<sup>3</sup>: 489107

Высотная отметка, м: +54,15

Продолжительность строительства: 41 мес.

Плановая продолжительность определена с помощью линейного графика производства работ, представленного на листе графической части, и составляет 701,2 дня.

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		125

## 7. Экономический раздел

### 7.1. Социально-экономическое обоснование строительства открытого футбольного стадиона со смешанным каркасом в г. Чите.

Прогресс в проектировании футбольных стадионов вышел в мире за последние десять лет на качественно новый уровень. Стадионы превратились из традиционных мест проведения футбольных матчей в многофункциональные развлекательные комплексы, интересные самым разным целевым группам. Совершенствование транспортной сети, повышение уровня безопасности и современная инфраструктура привлекли на стадионы множество семей с разнообразным достатком и с самыми различными культурами.

Стадионы – это живая история. В сочетании с долгосрочной программой мероприятий и гибкой инфраструктурой они способствуют устойчивому повышению качества общественной жизни.

В настоящее время в России функционирует более 276 тыс. объектов спорта, однако, согласно официальному сайту правительства России, уровень обеспеченности населения спортивными сооружениями, исходя из единовременной пропускной способности объектов спорта, по итогам 2019 года составил 30%. Согласно приказу №586 от 25.05.2016 Министерства спорта России «Об утверждении методических рекомендаций по развитию сети организаций сферы физической культуры и спорта и обеспеченности населения услугами таких организаций» потребность субъектов Российской Федерации в объектах спорта к 2030 году рекомендуется достичь в размере 100%.

Россия – одна из ведущих спортивных держав мира, и победы российских спортсменов на главных турнирах планеты, год от года лишь подтверждают этот статус. Футбол же, в частности, считается самым популярным видом спорта не только в нашей стране, но и в мире в целом.

Например, к футбольному Чемпионату Мира 2018 года было построено 12 стадионов. Посещаемость данных спортивных объектов во время ЧМ-2018 на каждом из матчей составляла 90-100%, общая посещаемость – 3 031 768 человек. Посещаемость стадионов в России во время ЧМ-2018 и отражена на рисунке 7.1.

Посещаемость данных стадионов за 2019 год характеризовалась загруженностью от 50 до 100% в зависимости от субъекта РФ. В крупных городах, таких как Москва, Санкт-Петербург, заполняемость на различных крупных мероприятиях составляла до 100%, что говорит о том, что такие объекты пользуются спросом. Посещаемость стадионов России за 2019 год отражена на рисунке 7.2.

						ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			126

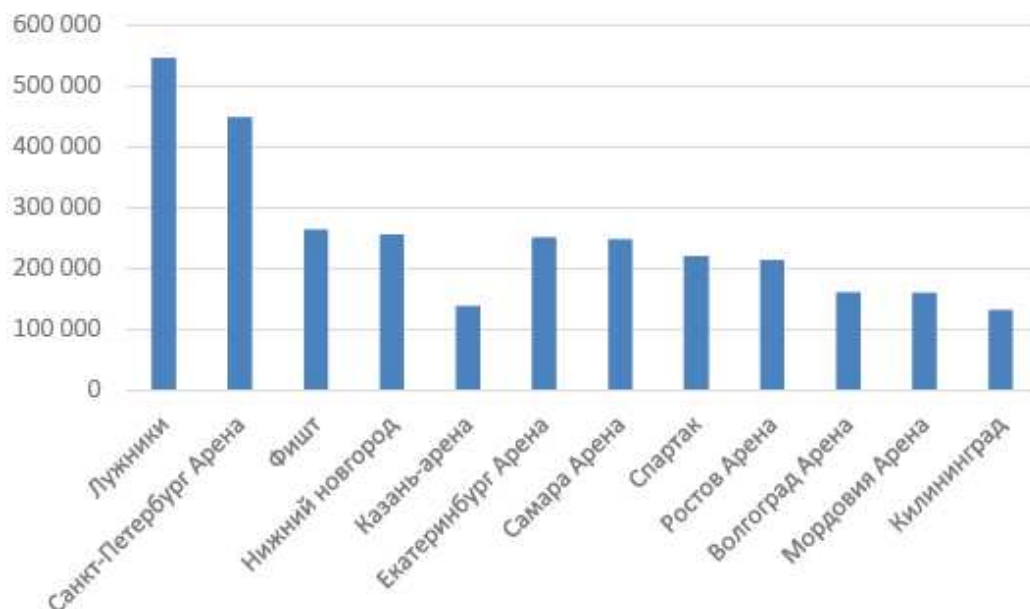


Рисунок 7.1 – Посещаемость стадионов России во время ЧМ-2018

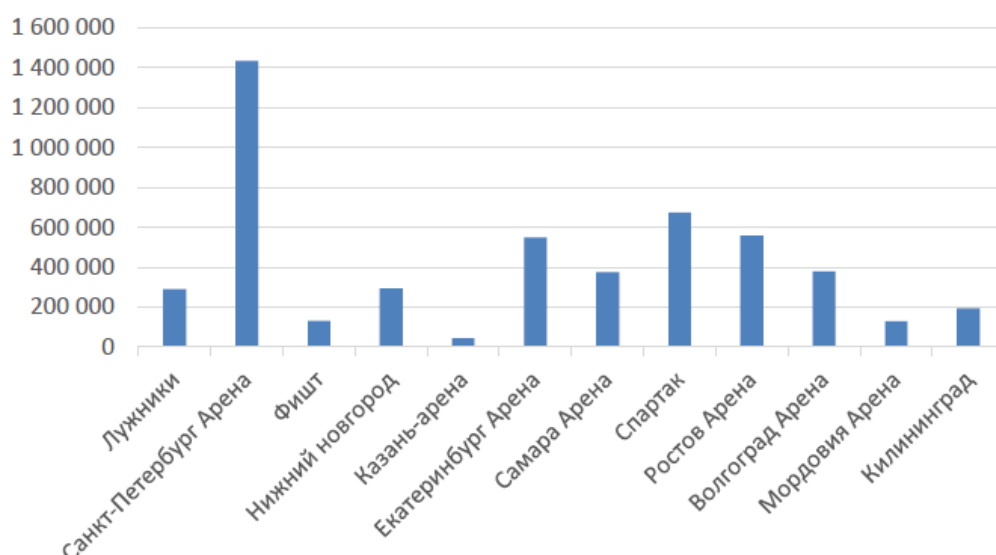


Рисунок 7.2 – Посещаемость стадионов России в 2019 г.

В связи со сложившейся эпидемиологической обстановкой и ввиду разного рода ограничений в 2020-2021 годах был зафиксирован резкий спад посещаемости спортивных и различных массовых мероприятий.

В данный момент постепенно возобновляется проведение масштабных соревнований. Например, Чемпионат Европы по футболу должен был пройти с 12 июня по 12 июля 2020 года, но из-за распространения коронавирусной инфекции УЕФА принял решение перенести турнир. Соревнования проходят с 11 июня по 11 июля 2021 года в 11 европейских городах, в том числе и в Санкт-Петербурге.

На официальном сайте «ГазпромАрена» Санкт-Петербург [31] стоимость билетов на Группу В Евро-2020 Россия-Бельгия 12.06.2021 начинается от 27900 рублей. Раскуплено уже более 60% билетов.

Приняв, условно, вместимость – 30000 человек (так как ограничения по расстоянию по-прежнему есть), можем посчитать минимальный доход, на данный момент, с одного матча.

$$30000 \cdot 0,6 \cdot 27900 = 502200000 \text{ руб.}$$

Итого, с одного масштабного мероприятия доход составляет более полумиллиарда рублей.

В таблице 7.1 представлена средняя посещаемость стадионов по годам.

Таблица 7.1 – Средняя посещаемость стадионов в зависимости от года

Футбольные стадионы	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	Год
Спартак Москва	32760	30189	30941	21837	9594	Среднее число зрителей
Зенит Санкт-Петербург	18557	43963	48244	39431	19726	
ФК Краснодар	17322	25032	25200	21892	10024	
ЦСКА Москва	14454	15605	19288	12609	8185	

Проанализировав таблицу 7.1, делаем вывод, что постройка нового стадиона высокого класса позволяет увеличить доходы от продажи билетов, спортивной атрибутики и телевизионных прав на трансляцию в 2 и более раз, в зависимости от уровня проводимых мероприятий. Так, Зенит Санкт-Петербург подняли посещаемость (а соответственно и доход) за 2 года, практически в 3 раза. Даже несмотря на эпидемиологическую обстановку в целом, Зениту удалось удержать посещаемость на лидирующих позициях.

Увеличение посещаемости стадиона является лишь первым шагом на пути развития инфраструктуры в целом и увеличении дохода.

Настоящий дипломный проект направлен на проектирование открытого футбольного стадиона со смешанным каркасом в г. Чите.

Чита – город в России. Административный центр Забайкальского края и Читинского района. Образует муниципальное образование городской округ город Чита как единственный населённый пункт в его составе. Численность населения на 2021 год составляет - 350 861 человек.

На данный момент в Чите самым крупным стадионом является стадион «Локомотив». Сооружение вмещает 12 500 зрителей и имеет естественное травяное покрытие. На стадионе отсутствует искусственный подогрев поля, вследствие чего некоторые календарные домашние игры в конце октября-ноябре проходят на нейтральных стадионах. Так например, во время проведения розыгрыша Первого дивизиона ПФЛ 2009, заключительные домашние игры «Читы» в 39-м туре с «Уралом» и в 40-м с «Сибирью» были проведены на стадионе «Уралмаш» в Екатеринбурге.

Но не только поэтому строительство стадиона является, действительно, необходимым мероприятием, также есть и другие плюсы:

- 1) развитие малых городов России;

- 2) близость расположения с Китайской границей, что может положительно отразиться на установлении прочных взаимоотношений между государствами;
- 3) стимуляция рынка туризма в регионе;
- 4) популяризация спорта и спортивного образа жизни;
- 5) создание прочной базы для подготовки молодого поколения спортсменов высокого класса и т.д.

Таким образом, постройка высококлассного стадиона вместимостью 45 000 человек в данном городе может способствовать не только развитию города, в частности, но и всего региона в разнообразных областях.

Также проектируемый объект предназначен не только для проведения соревнований по футболу, но и для других культурно-массовых мероприятий благодаря тому, что площадку можно переоборудовать под характер проводимого мероприятия всего за несколько часов.

Как правило, стадионы воздвигаются как исторически значимые ориентиры, очерчивающие городской силуэт своими инновационными формами. Стадионы играют особую роль в обновлении и оживлении городской среды, поэтому тенденция строительства стадионов создает положительную динамику развития инфраструктуры района и города в целом.

## **7.2. Определение сметной стоимости устройства монолитного перекрытия Пм-1**

Локальный сметный расчет составлен на устройство монолитного перекрытия.

Сметная документация составлена на основании [26]. Для ее составления были использованы Федеральные Единичные расценки (ФЕР 2020) на строительные и монтажные работы.

При составлении сметной документации был использован базисно-индексный метод, который заключается в том, что сметная стоимость определяется в базисных цена на основе единичных расценок, привязанных к местным условиям строительства, а затем переводится в текущий уровень цен путем использования текущих индексов изменения сменой стоимости.

Сметная стоимость пересчитана в текущие цены на I квартал 2021 года с использованием индекса изменения сметной стоимости 9,98, согласно Письму Минстроя от 26.02.2021 №7484-ИФ/09 «Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ по объектам строительства, определяемых с применением федеральных и территориальных единичных расценок, на I квартал 2021 года» для объектов спортивного назначения.

Исходные данные для определения сметной стоимости СМР:

- Размеры накладных расходов приняты по фондам оплаты труда по [27];
- Размеры сметной прибыли приняты по [28].

Лимитированные затраты учтены по действующим нормам:

- Временные здания и сооружения по [29, прил. 1, п. 51] – 1,8%;

						Лист
					ДП-08.05.01-2021	129
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Дополнительные затраты при производстве работ в зимнее время по [30, п.14, табл.4] – 3%;

- Резерв на непредвиденные работы и затраты по [26, п.179, в] – 10%.

НДС определяется в размере 20% на общую стоимость всех выполненных работ и затрат, включая лимитированные.

Стоимость устройства монолитного железобетонного перекрытия составила 127 039 671,08 руб.

Локальный сметный расчет приведен в приложении В.

Структура локального сметного расчета приведена в таблице 7.2 и на рисунке 7.3.

Таблица 7.2 – Структура локального сметного расчета по составным элементам

Элементы	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Прямые затраты, всего	86 549 495,71	68,13
В том числе:		
Материалы	82 329 881,09	64,81
Эксплуатация машин	1 537 375,32	1,21
Основная ЗП	2 893 089,38	2,28
Накладные расходы	3 240 260,10	2,55
Сметная прибыль	1 880 508,10	1,48
Лимитированные затраты	13 985 278,58	11,01
НДС	21 173 278,51	16,67
Итого	127 039 671,08	100



Рисунок 7.3 – Структура локального сметного расчета по составным элементам



Из рисунка 7.3 видно, что наибольшая сметная стоимость при устройстве монолитного перекрытия приходится на материалы и составляет 64,81% от общей сметной стоимости.

### 7.3. Техничко-экономические показатели

Техничко-экономические показатели являются обоснованием технических, технологических, планировочных и конструктивных решений проекта. Они служат основанием для решения вопроса целесообразности строительства объекта при запроектированных параметрах и утверждения проектной документации для строительства.

Объемный коэффициент  $K_{об}$  определяется по формуле

$$K_{об} = \frac{V_{стр}}{S_{расч}}, \quad (7.1)$$

где  $V_{стр}$  - строительный объем здания,  $м^3$ ;

$S_{расч}$  - расчетная площадь,  $м^2$ .

Сметная себестоимость работ на устройство монолитных плит перекрытия на 1  $м^2$  площади определяется по формуле

$$C/c = \frac{ПЗ + НР + ЛЗ}{S_{общ}}, \quad (7.2)$$

где  $ПЗ$  - прямые затраты по смете, руб;

$НР$  - накладные расходы по смете, руб;

$ЛЗ$  - лимитированные затраты по смете, руб;

$S_{общ}$  - площадь перекрытия,  $м^2$ .

Сметная рентабельность производства (затрат) строительного-монтажных работ на устройство монолитного перекрытия определяется по формуле

$$R_з = \frac{СП}{ПЗ + НР + ЛЗ} \cdot 100\%, \quad (7.3)$$

где  $СП$  - сметная прибыль, руб;

$ПЗ, НР, ЛЗ$  - то же, что в формуле (7.2).

Расчет ТЭП представлен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Техничко-экономические показатели

Наименование	Ед. изм.	Значение
1. Объемно-планировочные показатели		
Площадь застройки	м2	40 982
Количество этажей	шт	4
Строительный объем	м3	489 107

## Окончание таблицы 7.3

Наименование	Ед. изм.	Значение
Общая площадь	м2	71 543
Полезная площадь	м2	66 863
Расчетная площадь	м2	20 138
Объемный коэффициент	-	24
Вместимость стадиона	чел.	45 000
2. Стоимостные показатели		
Стоимость строительно-монтажных работ на устройство монолитного перекрытия	тыс. руб.	127 039 671,08
Сметная себестоимость строительно-монтажных работ на устройство перекрытия на 1 м2 площади	руб.	5 153,19
Сметная рентабельность производства (затрат) строительно-монтажных работ на устройство монолитного перекрытия	%	1,81
3. Прочие показатели		
Продолжительность строительства	дней	701,2





28. МДС 81-25.2001 Методические указания по определению величины сметной прибыли в строительстве. – Введ. 01.03.2001. – Москва : Госстрой России 2001. – 13 с.

29. 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". – Введ. 30.10.2020. – Москва : Минстрой России 2020. – 21 с.

30. ГСН-2001 (ГСН-81-05-02-2007) Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время (издание 2-е, исправленное и дополненное). – Введ. 28.03.2007. – Москва : Росстрой, 2007. – 70 с.

31. Газпром Арена Санкт-Петербург [Электронный ресурс] : - Режим доступа: <https://gaz-arena.com/>.

32. transfer.markt.ru [Электронный ресурс] : - Режим доступа : [https://www.transfermarkt.ru/premier-liga/besucherzahlen/wettbewerb/RU1/saison\\_id/2020](https://www.transfermarkt.ru/premier-liga/besucherzahlen/wettbewerb/RU1/saison_id/2020)

					ДП-08.05.01-2021	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		135

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчет производится в соответствии с требованиями [3].

Исходные данные для расчета приняты в соответствии с требованиями [4].

Исходные данные:

Район строительства: г. Чита;

Тип здания или помещения: общественные, кроме жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов.

Вид ограждающей конструкции: наружные стены – сэндвич панель поэлементной сборки, с облицовкой и вентилируемым фасадом;

Расчетная средняя температура воздуха здания (для закрытых помещений):  $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$

Состав и характеристики элементов стеновых ограждающих конструкций представлен в таблице А.1.

Таблица А.1 – Теплотехнические показатели стеновой панели

Номер слоя	Наименование	Толщина слоя $\delta$ , м	Плотность материала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м С)
1	Кассетный профиль из оцинкованной стали	0,001	7850	58
2	Минеральная вата на основе базальтового волокна "Технониколь"	X	90	0,036
3	Вентилируемый фасад - алюминиевые композитные панели	0,004		

Согласно [5], п.6.5 слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции не учитываются.

Согласно [5], таблицы 1, при температуре внутреннего воздуха  $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $\varphi_{int} = 55\%$  влажностный режим помещения устанавливается как нормальный. Условия эксплуатации ограждающих конструкций – А, согласно [5], таблицы 2.

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $R_0^{\text{норм}}$ , ( $\text{м}^2 \cdot \text{C})/\text{Вт}$ , следует определять по формуле 5.1 [5]:

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тр}} \cdot m_p, \quad (\text{А.1})$$

где  $R_0^{\text{тр}}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, ( $\text{м}^2 \cdot \text{C})/\text{Вт}$ ;



$$R_n = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (\text{A.6})$$

где  $\delta$  – толщина слоя, м;

$\lambda$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/м·С.

Преобразуем формулу (А.4) с помощью формул (А.5) и (А.6), получим

$$R_0 = \left( \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right). \quad (\text{A.7})$$

Подставляем значения в формулу А.7)

$$R_0 = \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,001}{58} + \frac{x}{0,036} + \frac{1}{23} \right) = 0,15843 + \frac{x}{0,036}.$$

$$R_0 = R_0^{\text{ТР}} = 0,15843 + \frac{x}{0,036} = 3,43 \text{ м}^2\text{С/Вт}.$$

$$\frac{x}{0,036} = 3,27 \Rightarrow x = 0,118 \text{ м} - \text{требуемая толщина утеплителя}.$$

Принимаем «в запас» толщину утеплителя – 130 мм с приведенным сопротивлением теплопередачи панели

$$R_0 = R_0^{\text{ТР}} = 0,15843 + \frac{0,13}{0,036} = 3,77 \text{ м}^2\text{С/Вт}.$$



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Экспликация полов

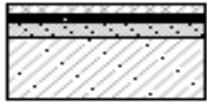
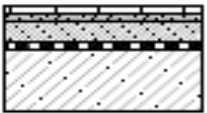
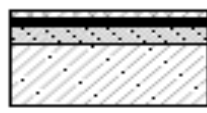
Номер помещения	Тип пола	Схема пола или тип пола по серии	Данные элементов пола (наименование, толщина, основание и др.), мм		Площадь, м2
1-48, 53-84, 86-101, 103-115	1		1. Наливной пол Cegesit 175N	10 мм	9606,49
			2. Цементно-песчаная стяжка М150	40 мм	
			3. Плита перекрытия	200 мм	
50-52, 116-126	2		1. Керамическая плитка с нескользящей поверхностью	5 мм	783,03
			2. Клей плиточный Cegesit	5 мм	
			3. Цементно-песчаная стяжка М150	40 мм	
			4. Гидроизоляция пола ТЕХНОНИКОЛЬ	2 слоя	
			5. Плита перекрытия	200 мм	
49, 85, 102	3		1. Резиновое покрытие	20 мм	581,09
			2. Наливной пол	5 мм	
			3. Цементно-песчаная стяжка М150	30 мм	
			4. Плита перекрытия	200 мм	

Таблица Б.2 – Спецификация элементов заполнения оконных проемов

Поз.	Обозначение	Наименование	Всего ед., шт.	Масса, кг	Примечание
ОК-1	ГОСТ 30674-99	ОП Г2 1980x1980 (4М-8Аг-К4)	48		
ОК-2		ОП Г2 3980x1980 (4М-8Аг-К4)	296		
ОК-3		ОП Г2 6980x1980 (4М-8Аг-К4)	144		

Таблица Б.3 – Спецификация заполнения дверных проемов

Поз.	Обозначение	Наименование	Всего ед., шт.	Масса, кг	Примечание
1	ГОСТ 23747-2015	ДАН О Дв Пр БПр Р 2000x2400	28		
2	ГОСТ 30970-2014	ДПВ Км Д Пр БПр Дп Р 2000x2400	29		
3	ГОСТ 30970-2015	ДПВ Км Д Пр БПр Дп Р 1000x2400	312		

Окончание таблицы Б.3

Поз.	Обозначение	Наименование	Всего ед., шт.	Масса, кг	Примечание
4	ГОСТ 31173-2003	ДПМ Г БПр Оп Пр Р 1000x2400	51		
5	ГОСТ 31173-2004	ДПМ Г БПр Оп Пр Р 1200x2400	51		
6	ГОСТ 31173-2005	ДПМ Г БПр Оп Пр Р 900x2400	104		
7	ГОСТ 23747-2015	ДАН Г Дв Пр БПр Р 4000x2400	4		

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Калькуляция трудовых затрат и машинного времени

Обоснование	Наименование работ	Объем работ		Состав звена	На ед. изм		На объем работ	
		Ед. изм	Кол-во		Нвр, ч-ч	Нвр, м-ч	Q, ч-ч	Q, м-ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Фундаменты</b>								
Е2-1-5, табл. 1	Срезка растительного слоя грунта бульдозером	1000 м2	61,47	Машинист 6р - 2	-	1,40	-	86,06
см. п. 4.5 ПЗ	Устройство фундаментов	1 шт	414	Машинист 6р - 4, Землекоп 3р - 8, Плотник-бетонщик 4р - 8	11,80	3,43	4885,2	1420,020
<b>Наземная часть</b>								
Е4-1-46, 4д	Установка и вязка арматуры отдельными стержнями при диаметре арматуры до 26 мм в колоннах	1 Т	288,47	Арматурщик 5р - 1, Арматурщик 2р - 1	8,7	-	2509,70	-
Е4-1-46, 9в	Установка и вязка арматуры отдельными стержнями при диаметре арматуры до 12 мм в стенах	1 Т	576,9	Арматурщик 5р - 1, Арматурщик 2р - 1	17	-	9808,01	-
ТК	Устройство монолитного железобетонного перекрытия	-	-	-	-	-	33330,84	659,06
Е4-1-34, табл3, 2а	Устройство опалубки колонн из щитов периметром поп. сеч. св. 1200 мм	1 м2	18442,80	Плотник 4р - 1, Плотник 2р - 1	0,4	0,29	7377,12	5274,64

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

141

Продолжение таблицы В.1

Обоснование	Наименование работ	Объем работ		Состав звена	На ед. изм		На объем работ	
		Ед. изм.	Кол-во		Нвр, ч-ч	Нвр, м-ч	Q, ч-ч	Q, м-ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Е4-1-34, табл. 6, 3а	Устройство опалубки стен, обшивкой каркаса щитами одновременно с двух сторон	1 м2	3798,00	Плотник 4р - 1, Плотник 2р - 1	0,25	-	949,50	-
Е4-1-34, табл. 5, 3а	Устройство монолитных колонн при наименьшей стороне поп.сеч. колонны св. 500	1 м3	949,50	Бетонщик 4р - 1, Бетонщик 2р - 1	1,1	-	1044,45	-
Е4-1-49, табл.3, 1г	Устройство монолитных стен при толщине до 300 мм	1 м3	949,50	Бетонщик 4р - 1, Бетонщик 2р - 1	1,2	-	1139,40	-
Е4-1-34, табл. 3, 2б	Разборка опалубки из щитов периметром поп.сеч. св. 1200 мм	1 м2	18442,80	Плотник 3р - 1, Плотник 2р - 1	0,15	-	2766,42	-
Е4-1-34, табл.6, 3б	Разборка опалубки стен обшивкой каркаса щитами одновременно с двух сторон	1 м2	7596,00	Плотник 3р - 1, Плотник 2р - 1	0,16	-	1215,36	-
Е1-5, табл.2, 13а,б	Разгрузка элементов ферм, подстропильных ферм до 18 Т	100 Т	2,76	Машинист 6р - 1, Такелажники 2р - 2	2,8	1,40	7,73	3,86
Е1-5, табл.2, 12а,б	Разгрузка элементов ферм, подстропильных ферм до 13 Т	100 Т	1,47		3	1,50	4,41	2,21

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

142

Продолжение таблицы В.1

Обоснование	Наименование работ	Объем работ		Состав звена	На ед. изм		На объем работ	
		Ед. изм	Кол-во		Нвр, ч-ч	Нвр, м-ч	Q, ч-ч	Q, м-ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Е1-5, табл.2, 1а,б	Разгрузка элементов ферм, подстропильных ферм до 10 Т	100 Т	2,85		3,2	1,60	9,12	4,56
Е1-5, табл.2, 3а,б	Разгрузка прогонов до 1,5 Т	100 Т	5,48		8,8	4,40	48,22	24,11
Е1-5, табл.2, 3а,б	Разгрузка связей до 0,5 Т	100 Т	3,77		22	11,00	82,94	41,47
Е5-1-2, табл.1, 4а,б	Установка временных опор	шт	126,00	Машинист 6р - 1, Монтажник 4р - 1, Монтажник 3р - 2	0,27	0,14	34,02	17,64
Е5-1-3, табл.2, 1,3е	Укрупненная сборка прогонов	шт	1264,00	Машинист 6р - 1, Монтажник 6р - 1, Монтажник 5р - 2, Монтажник 4р - 3, Монтажник 3р - 1	0,18	0,04	227,52	50,56
Е5-1-6, табл.2, 1,2,3,4	Монтаж сегментов ферм и подстропильных ферм	Т	708,00		1,12	0,21	792,96	148,68
Е22-1-27, табл.1, 11к	Сварные соединения конструкций	10 м	44,16	Сварщик 6р - 1, Сварщик 5р - 1, Сварщик 4р - 1, Сварщик 3р - 1	3,4	-	150,14	-
Е5-3-23, табл.1, 1	Установка болтов	100 шт	119,00		0,46	-	54,74	-
Е4-1-22, табл.1, 1	Антикоррозионное покрытие сварных швов	10 шт	15,00		0,64	-	9,60	-
Е5-1-6, табл.2, 1,2,3,4 бвг	Монтаж прогонов, связей	Т	548,00	Машинист 6р - 1, Монтажник 6р - 1, Монтажник 5р - 2, Монтажник 4р - 3, Монтажник 3р - 1	1	0,33	548,00	180,84

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

143

Продолжение таблицы В.1

Обоснование	Наименование работ	Объем работ		Состав звена	На ед. изм		На объем работ	
		Ед. изм	Кол-во		Нвр, ч-ч	Нвр, м-ч	Q, ч-ч	Q, м-ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Е5-1-2, табл.1, 4аб	Демонтаж временных опор	шт	115,00	Машинист 6р - 1, Монтажник 4р - 1, Монтажник 3р - 2	0,216	0,112	24,84	12,88
ГЭСН 09-03-022-04	Монтаж покрытия из поликарбоната	100 м2	31,44	Машинист 6р - 4, Такелажник 2р - 4, Монтажник 6р - 2, Монтажник 5р - 4, Монтажник 4р - 6, Монтажник 3р - 2	113	17,91	3552,72	563,09
Е4-1-10	Монтаж лестничных маршей	шт	60	Машинист 6р - 2, Монтажник 4р - 6, Монтажник 3р - 4	1,4	0,35	84,00	21,00
Е5-1-23, табл.1, 1аб	Монтаж стеновых панелей	шт	1161,00	Машинист 6р - 2, Монтажник 5р - 2, Монтажник 4р - 6, Монтажник 3р - 4	1,7	0,44	1973,70	510,84
Е4-1-32, табл.1, 1,6б	Монтаж гипсокартонных перегородок	100 м2	3226,50	Монтажник 4р - 6, Монтажник 3р - 4	1,66	-	5355,99	-
У10-85	Заполнение оконных проемов	м2	1239,30	Монтажник 4р - 6, Монтажник 3р - 4	0,7	-	867,51	-
У10-108	Заполнение дверных проемов	м2	1423,50		0,76	-	1081,86	-
Электромонтажные работы		%	10	Электромонтажник - 10	-	-	7505,08	-
Сантехнические работы		%	10	Сантехник - 10	-	-	7505,08	-
Слаботочные работы		%	5	Монтажник инж.систем - 10	-	-	3752,54	-
Е8-1-2, табл.3, 1,3,5,7а	Подготовка перегородок под окраску	100 м2	516,24	Штукатур - 20	50,2	-	25915,25	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП-08.05.01-2021

Лист

144

## Окончание таблицы В.1

Обоснование	Наименование работ	Объем работ		Состав звена	На ед. изм		На объем работ	
		Ед. изм	Кол-во		Нвр, ч-ч	Нвр, м-ч	Q, ч-ч	Q, м-ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Е8-1-2, табл.3, 1,3,5а	Подготовка перегородок для оклейки плиткой	100 м2	129,06		29,6	-	3820,18	-
ГЭСН 15-01-047015	Устройство подвесных потолков	100 м2	137,25	Монтжник 4р - 15, Монтажник 3р -15	102,46	-	14062,64	-
ГЭСН 11-01-052-2	Устройство наливных полов	100 м2	137,25		83,73	-	11491,94	-
У15-506	Окраска стен	100 м2	516,24	Маляр - 20	51	-	26328,24	-
У15-79	Облицовка стен керамической плиткой	100 м2	129,06	Плиточник - 15	110	-	14196,60	-
У11-135	Облицовка пола керамической плиткой	100 м2	12,24		130	-	1591,79	-
Внешние коммуникации		%	5,00	Монтажник внешних инж.сетей - 10	-	-	4870,33	-
Благоустройство территории		%	5,00	Озеленитель - 10	-	-	4870,33	-
Прочие работы		%	10,00	Разнорабочий - 10	-	-	9740,66	-
Итого							215586,68	9021,52

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП-08.05.01-2021

Лист

145

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом

(наименование стройки)

### ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ №\_1\_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ устройство монолитного перекрытия \_\_\_\_\_

(наименование конструктивного решения)

Составлен \_\_\_\_\_ базисно-индексным \_\_\_\_\_ методом

Составлен(а) в текущем (базисном) уровне цен \_\_\_1 кв. 2021 г.

Основание: ДП 08.05.01 - ТК

Сметная стоимость 127 039,67 тыс. руб.

Средства на оплату труда рабочих 2 893,089 тыс. руб.

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.					Общая стоимость, руб.				
					Всего	Осн.Зп.	Экс.маш.	Зп.мех.	Матер.	Всего	Осн.Зп.	Экс.маш.	Зп.мех.	Матер.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	ФЕР 06-21-002-01	Устройство железобетонных перекрытий в инвентарной опалубке (подача бетона автобетононасосом) толщиной до 200 мм, с изготовлением арматурных каркасов (сеток)	100 м3	40,28	18 201,27	6 672,23	3 824,37	524,61	7 704,57	733 147,16	268 757,42	154 045,62	21 131,29	310 340,08
2	ФССЦ 08.4.03.03-0004	Горячекатанная арматурная сталь класса А500 С, диаметром 12 мм	Т	142,26	5 584,58	-	-	-	5 584,58	794 462,35	-	-	-	794 462,35
3	ФССЦ 08.4.03.02-0001	Сталь арматурная горячекатанная, гладкая, класс А-I, диаметр 6 мм	Т	569,04	7 418,82	-	-	-	7 418,82	4 221 605,33	-	-	-	4 221 605,33
4	ФССЦ 04.1.02.05-0009	Смеси бетонные тяжелого бетона (БСТ), класс В25 (М350)	м3	4 028,00	725,69	-	-	-	725,69	2 923 079,32	-	-	-	2 923 079,32
<b>Итого прямые затраты по разделу в ценах 2001г.</b>										<b>8 672 294,16</b>	<b>268 757,42</b>	<b>154 045,62</b>	<b>21 131,29</b>	<b>8 249 487,08</b>



[Введите текст]

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость единицы, руб.					Общая стоимость, руб.				
					Всего	Осн.Зп.	Экс.маш.	Зп.мех.	Матер.	Всего	Осн.Зп.	Экс.маш.	Зп.мех.	Матер.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Накладные расходы 112% от ФОТ</b>										<b>324 675,36</b>				
<b>Сметная прибыль 65% от ФОТ</b>										<b>188 427,66</b>				
<b>Итого</b>										<b>9 185 397,19</b>				
<b>Итого с учетом "Перевод в цены 1 кв. 2021 г. СМР=9,98"</b>										<b>91 670 263,91</b>				
<b>Итого по смете</b>														
<b>Итого</b>										<b>86 549 495,71</b>				
В том числе:														
Материалы										82 329 881,09				
Машины и механизмы										1 537 375,32				
ФОТ										2 893 089,38				
Накладные расходы										3 240 260,10				
Сметная прибыль										1 880 508,10				
Лимитированные затраты														
Временные здания и сооружения (1,8%)										1 557 890,92				
<b>Итого</b>										<b>93 439 004,91</b>				
Производство работ в зимнее время (3%)										2 803 170,15				
<b>Итого</b>										<b>96 242 175,06</b>				
Непредвиденные затраты (10%)										9 624 217,51				
<b>Итого с непредвиденными</b>										<b>105 866 392,57</b>				
НДС 20%										21 173 278,51				
<b>ВСЕГО по смете</b>										<b>127 039 671,08</b>				

Составил Левченко А.Н.

[должность, подпись (инициалы, фамилия)]

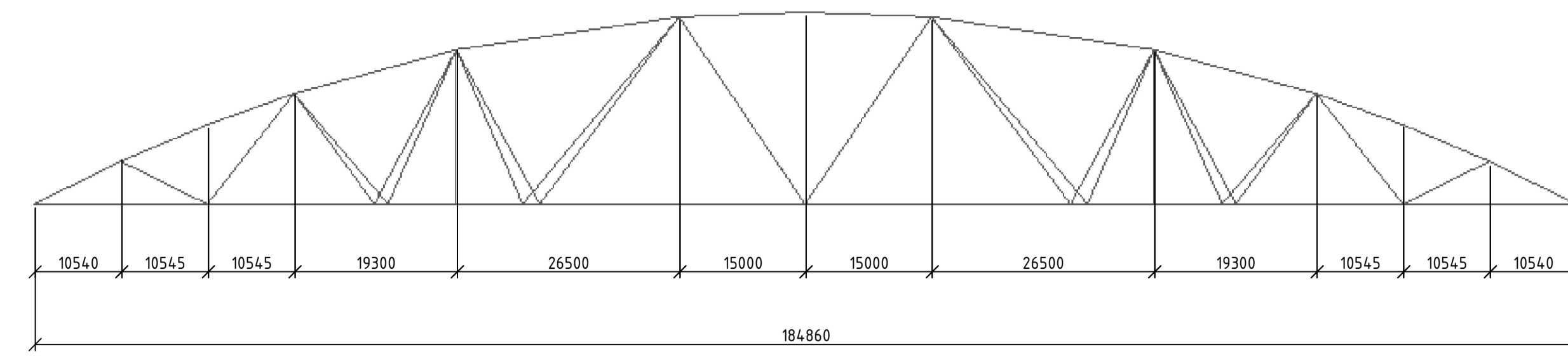
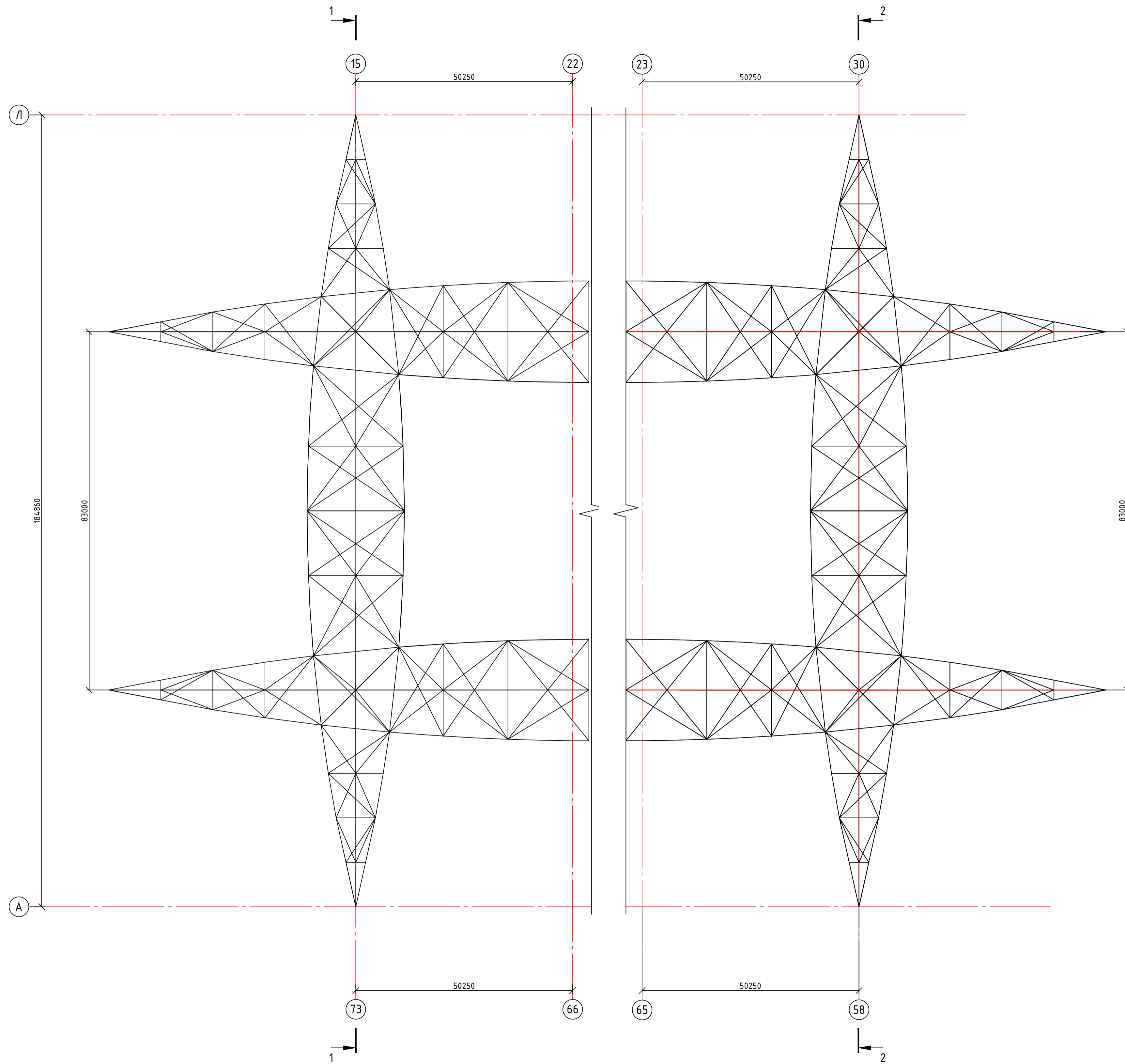
Проверил Хиревич С.А.

[должность, подпись (инициалы, фамилия)]

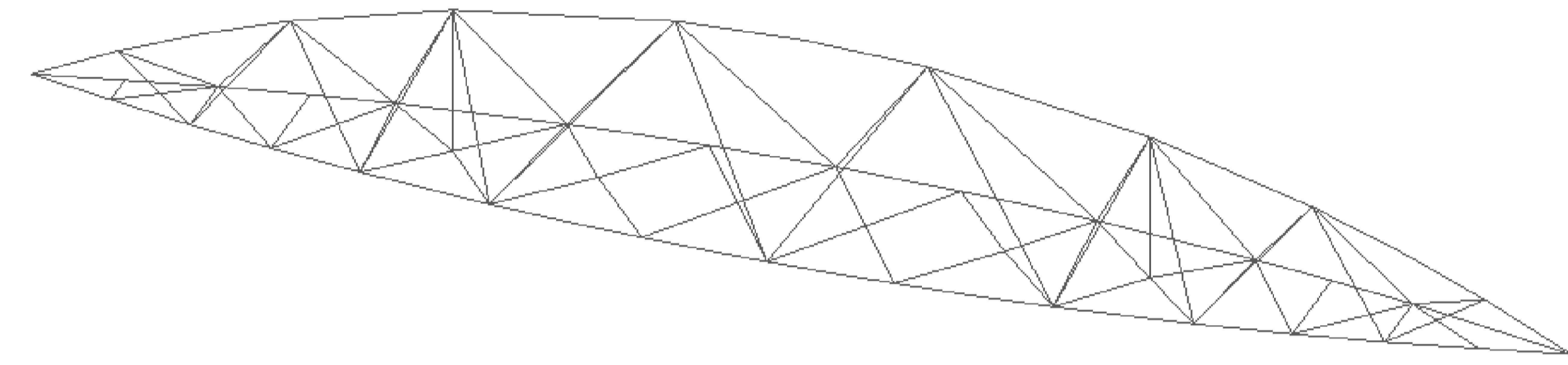
1 вариант - Ферма с треугольной решеткой и стойками

2 вариант - Усиленная ферма

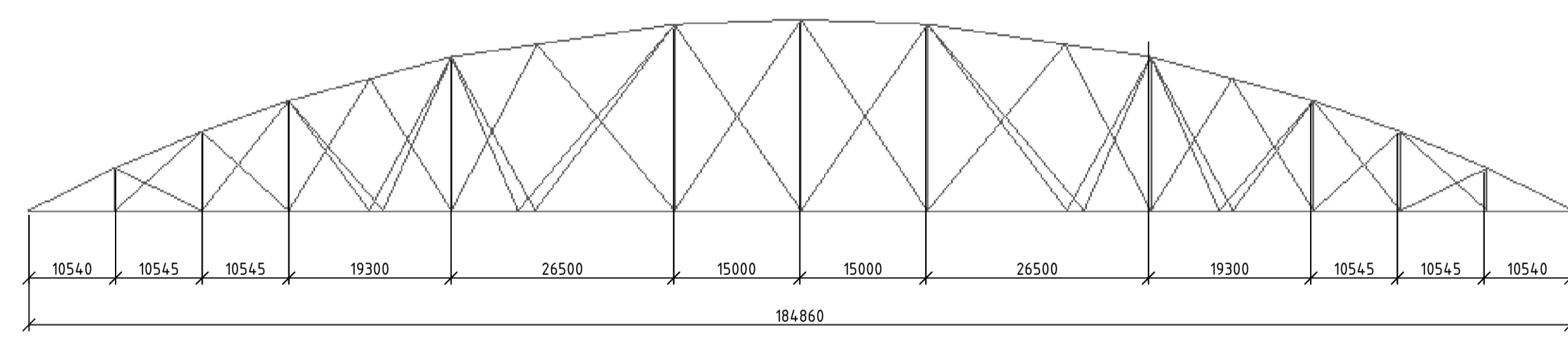
Разрез 1-1



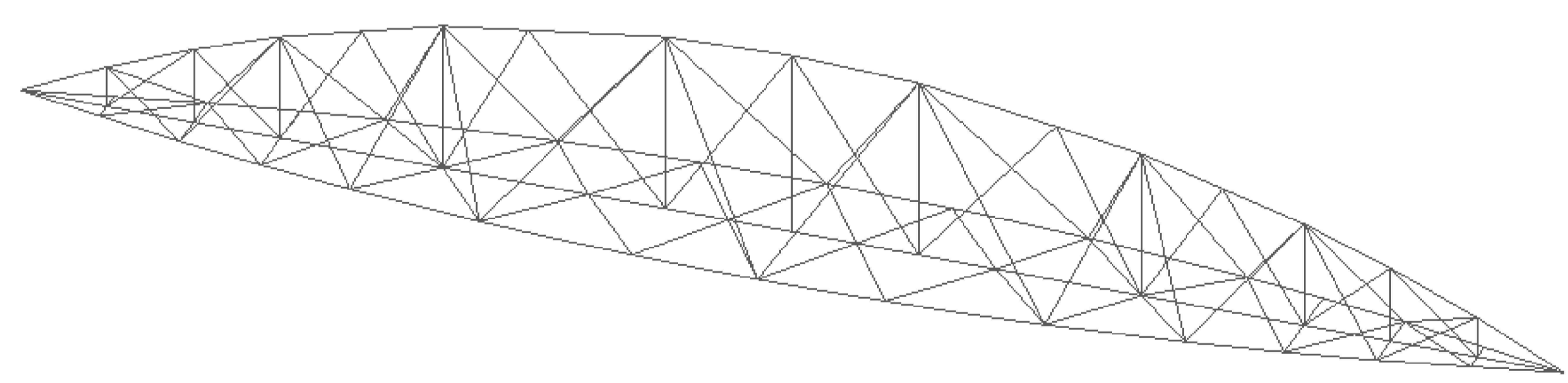
3D вид фермы 1 вариант



Разрез 2-2

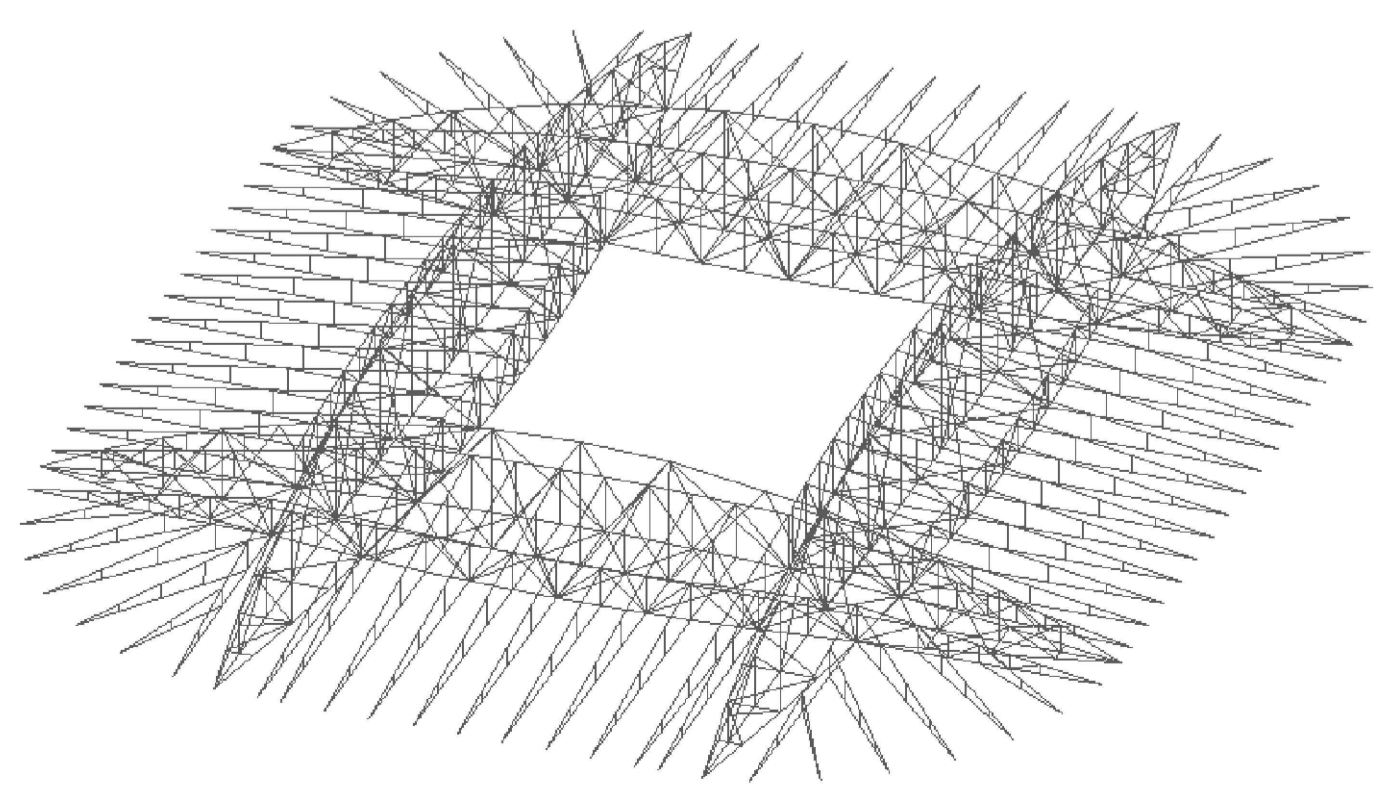
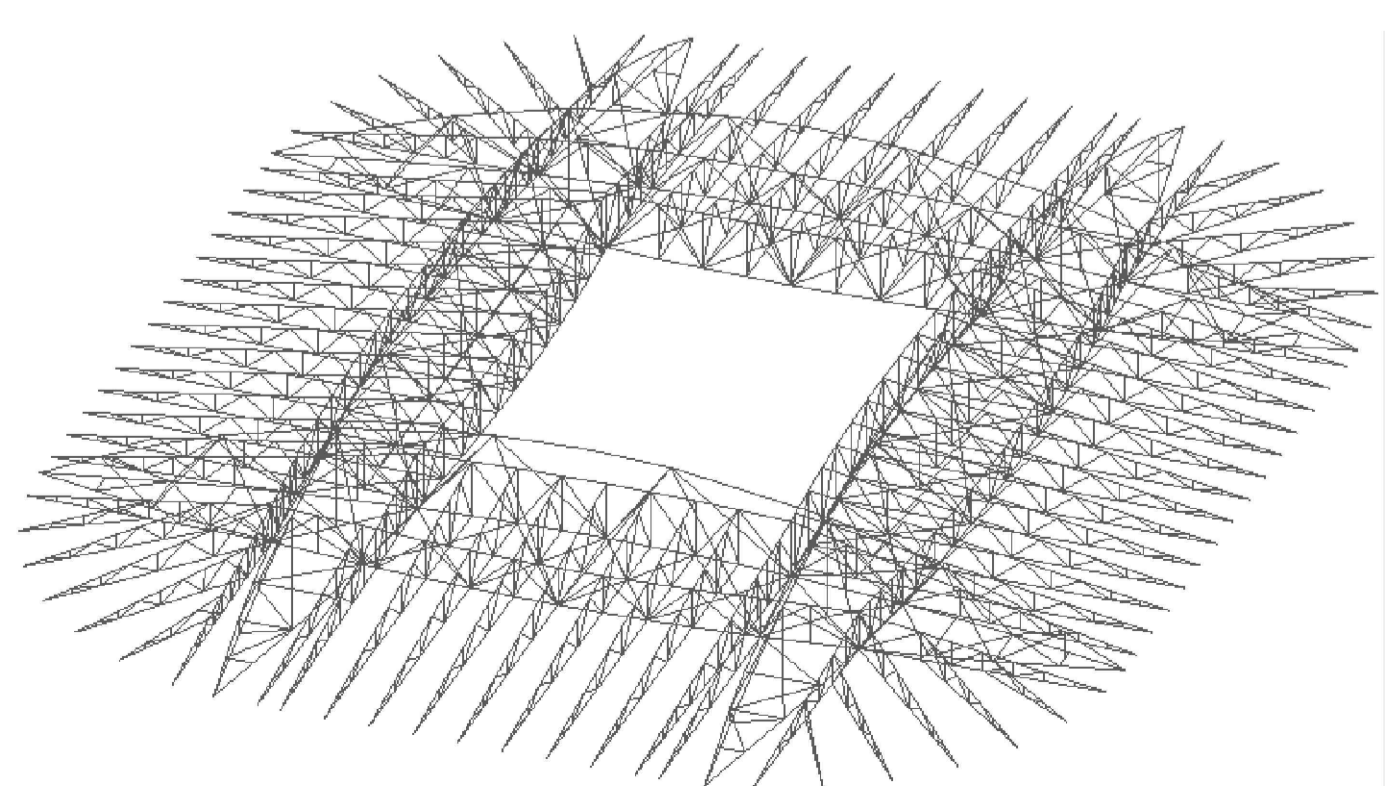


3D вид фермы 2 вариант



3D вид покрытия 1 вариант

3D вид покрытия 2 вариант



Вариант	Усилия в поясах	Перемещения, мм		
	Nmax, T	X	Y	Z
1	-709,39	-40	-17	-219
2	-798,1	-21	-19	-189

Изм.					ДП-08.05.01-2021 ВП				
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет"					Инженерно-строительный институт				
Исполнитель: Лебченко А.Т.					Студия				
Консультант: Максимов А.В.					Лист				
Руководитель: Максимов А.В.					Листов				
Н. контроль: Максимов А.В.					Р				
Заф. каф.: Двордиев С.В.					1				
					Вариантное проектирование				
					СКУС				

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

Согласовано	
Подпись и дата	Взам. инв. №
Инв. № подл.	

Фасад А-Л

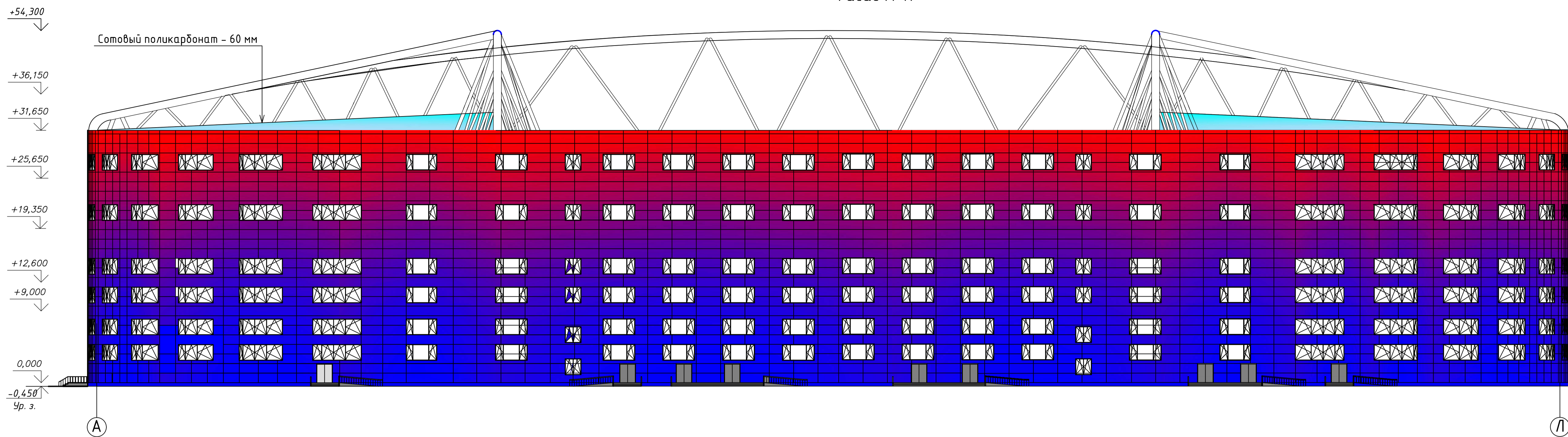
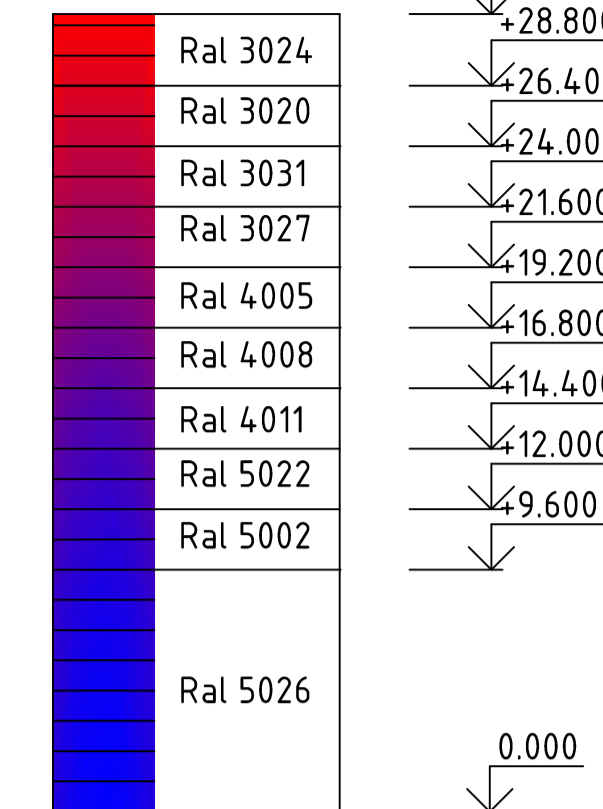


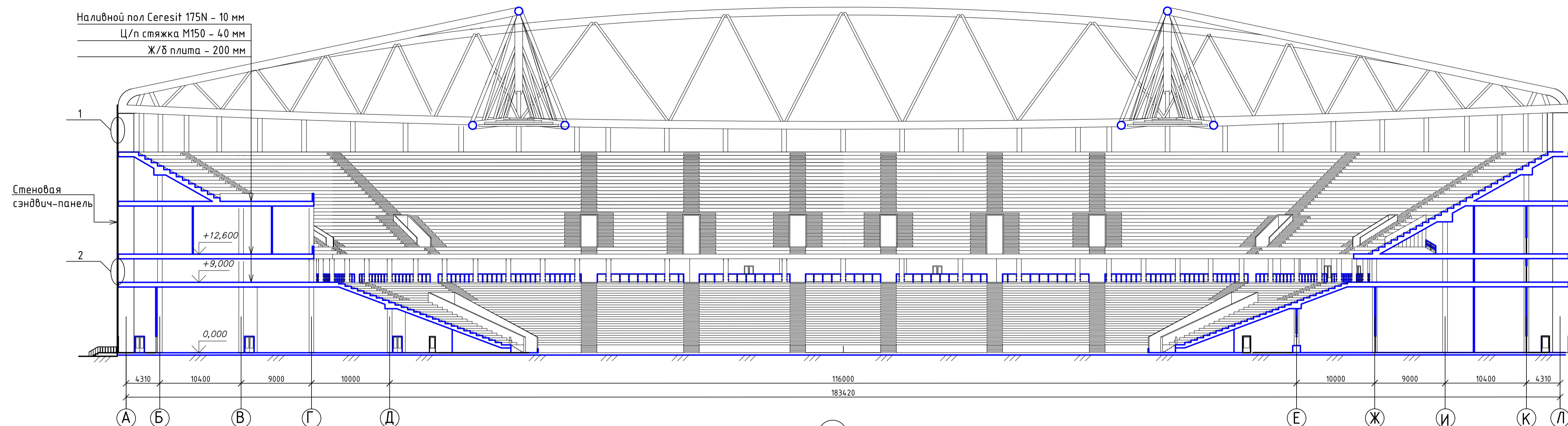
Схема расположения цветовой панели на фасаде



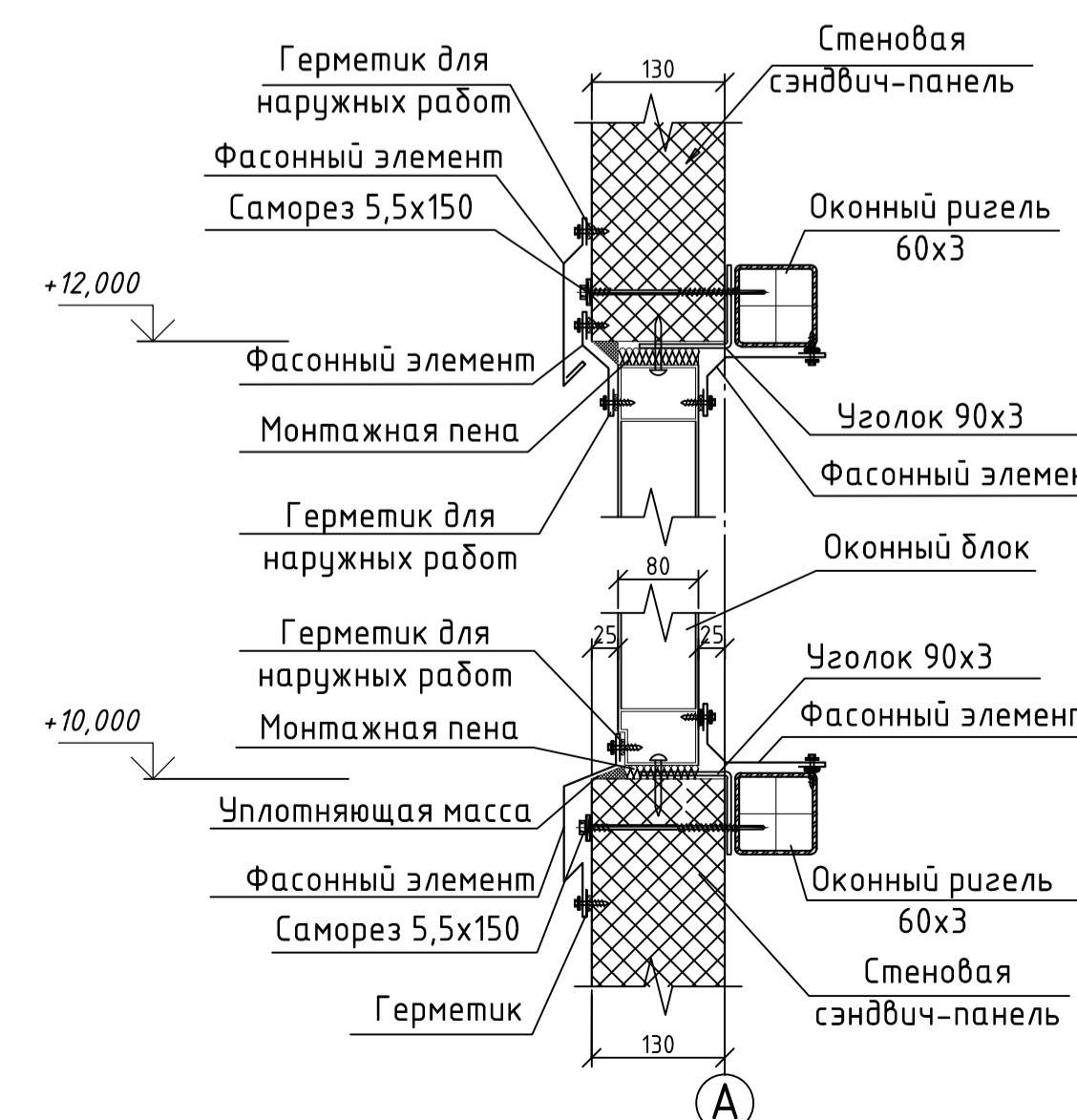
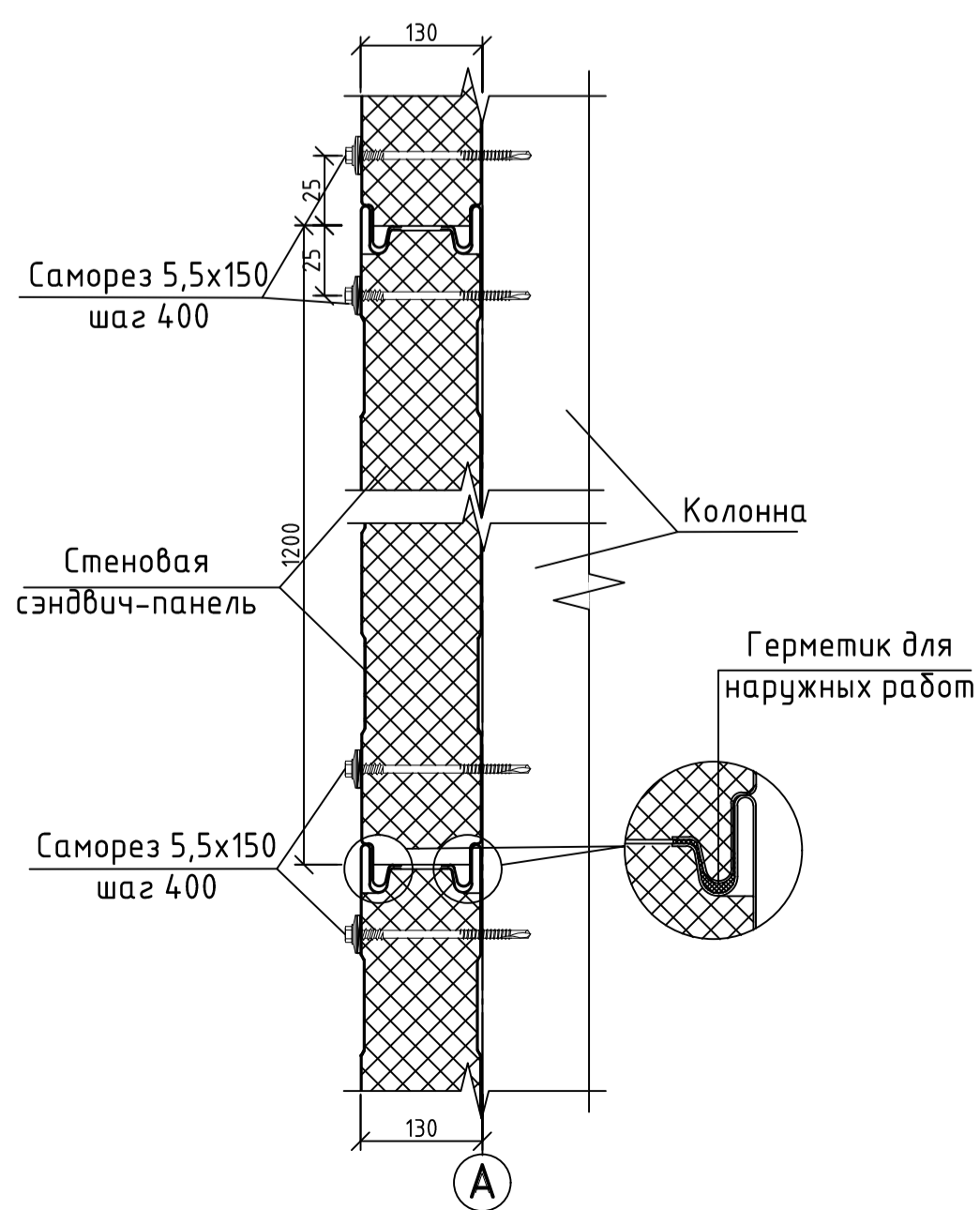
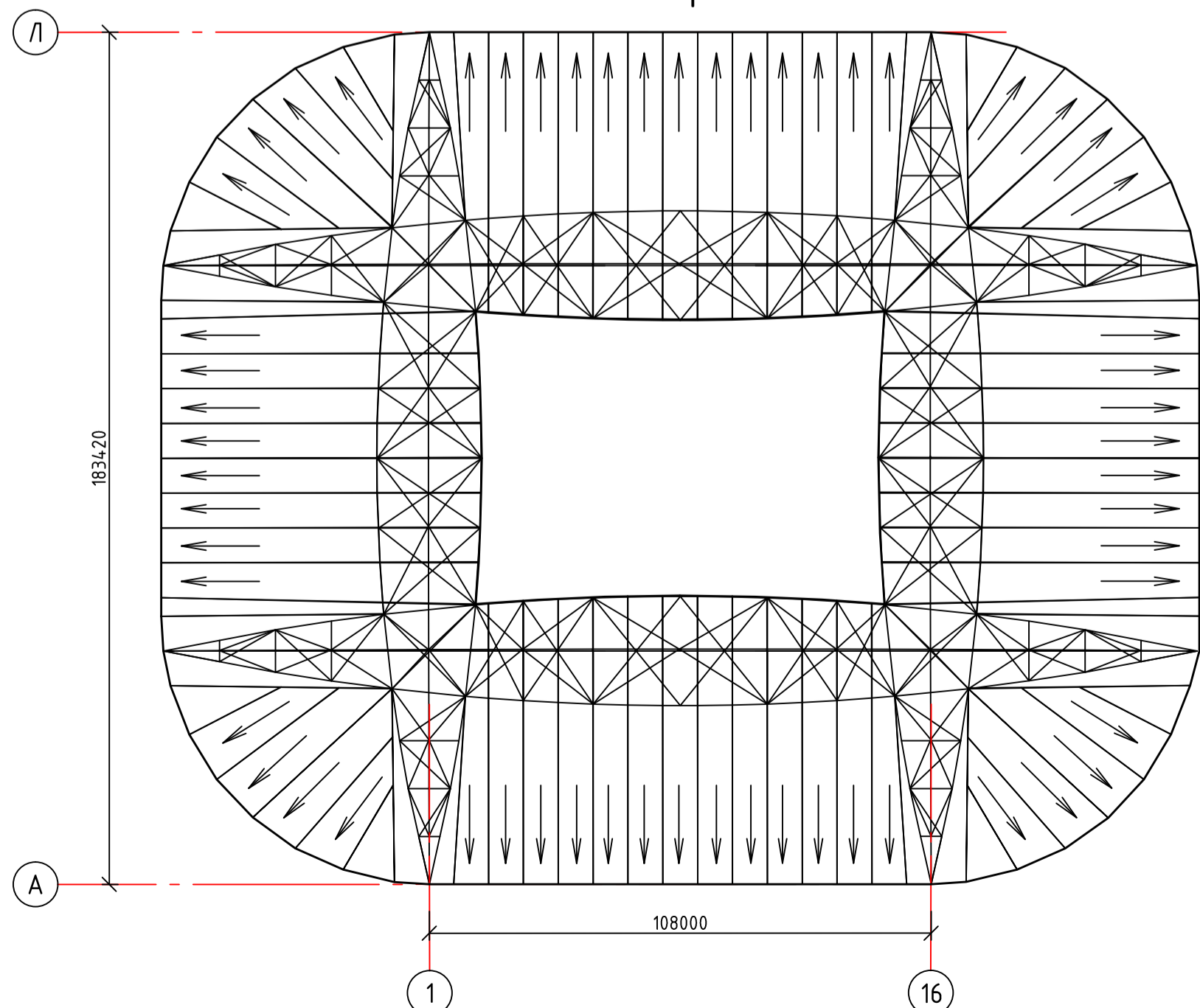
Продолжение таблицы "Экспликация помещения 1-го этажа"

Номер помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. помещ.
74	Комната водителей	34,04	
75	Офис логистики компании Coca cola	29,97	
76	Офис программы защиты авторских прав	29,82	
77	Офис гостиничного обслуживания	29,82	
78	Десткая программа (эскорт команд, знаменосцы)	316,97	
79	Тренерский офис Б	32,97	
80	Раздевалка для мальчиков подающих мячи	46,84	
81	Менеджер по экипировке	26,58	
82	Раздевалка Б	137,03	
83	Массажный кабинет Б	38,45	
84	Массажный кабинет Г	38,24	
85	Зона разминки игроков	101,2	
86	Раздевалка судей на 4 чел.	33,58	
87	Комната совещаний главного координатора	50,69	
88	Офис главного координатора	41,55	
89	Раздевалка Г	126,03	
90	Тренерский офис Б	30,96	
91	Офис службы маркетинга	41,76	
92	Офис комиссара матча	60,29	
93	Менеджер по экипировке	15,09	
94	Раздевалка для девочек подающих мячи	38,27	
95	Офис службы безопасности	22,71	
96	Склад главного координатора	22,24	
97	Координация матча - комната совещаний	123,17	
98	Комната переговоров защиты авторских прав	57,69	
99	Склад службы защиты авторских прав	54,53	
100	Помещение полиции	97,29	
101	Служба ухода за территорией стадиона	100,96	
102	Место хранения искусственного газона	378,69	
103	Место выращивания натурального газона	188,82	
104	Дополнительное помещение	58,92	
105	Дополнительное помещение	58,91	
106	ПВК	53,97	
107	Дополнительное помещение	45,32	
108	Гардероб	285,54	
109	Служба охраны	56,84	
110	Холодильная камера	64,87	
111	Помещение для хранения еды и напитков	544,84	
112	Офис консессионной торговли едой и напитками	65,01	
113	Временный склад	164,57	
114	Комната обслуживающего персонала	86,42	
115	Аварийные генераторы	80,78	
116	Санузел	185,55	
117	Санузел	162,62	
118	Санузел	120,44	
119	Душевая	121,06	
120	Душевая	24,96	
121	Душевая	24,96	
122	Санузел	22,82	
123	Санузел	22,82	
124	Душевая	25,1	
125	Санузел	10,8	
126	Умывальники	13,0	

Разрез 1-1



План кровли



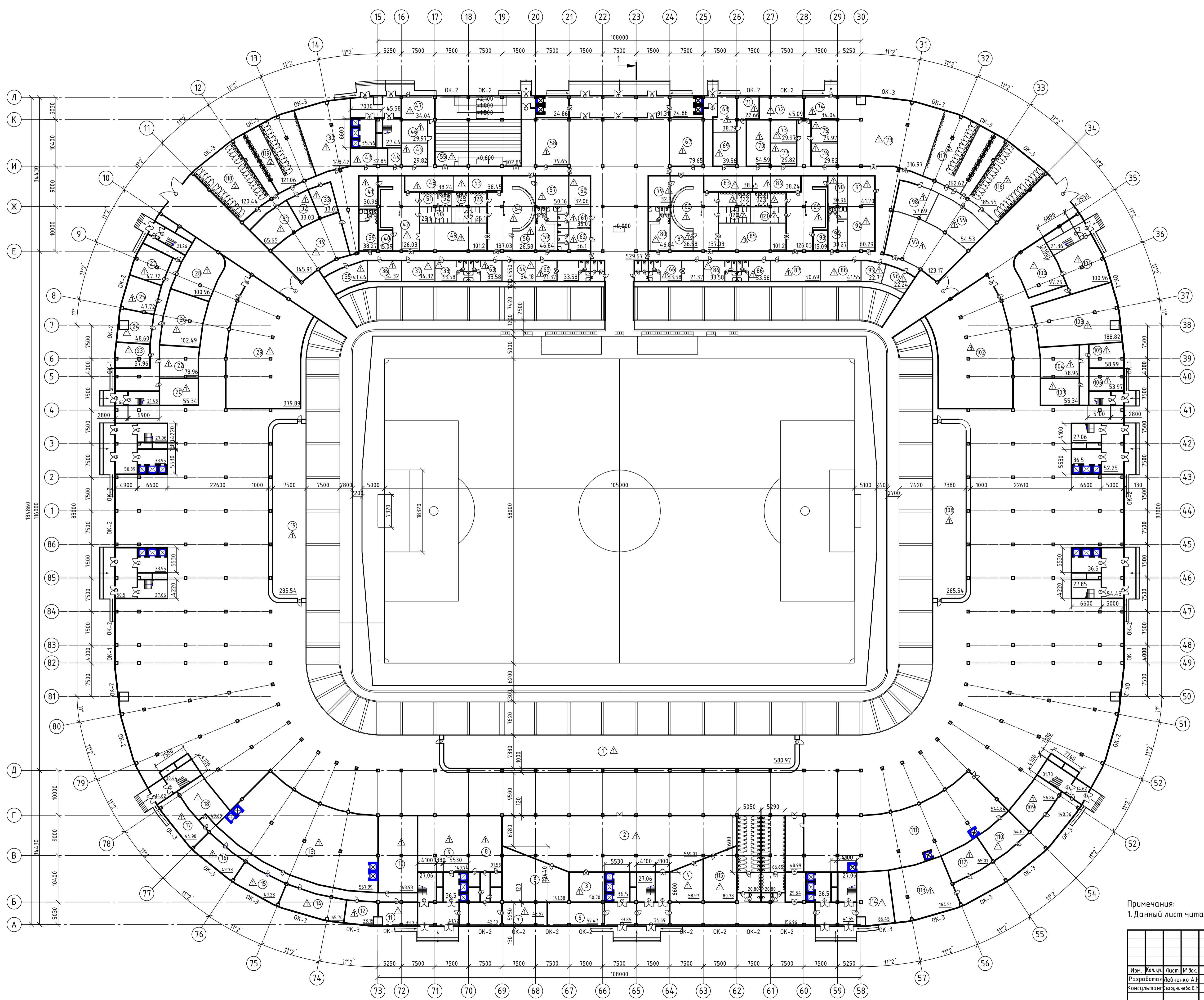
Примечания:

1. Данный лист читать совместно с л. 3 и л. 4

ДП-08.05.01-2021 AP				
ФГАУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт				
Изм.	Жел. уч.	Лист	№ док.	Подл.
Разработчик	Левченко А.Т.			
Консультант	Козуричева Е.К.			
Руководитель	Максимов А.В.			
Н. контроль	Максимов А.В.			
Заф. каф.	Дюровцев С.В.			
Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом		Стандия	Лист	Листов
Фасад А-Л, Разрез 1-1, Узел 1, Узел 2, План кровли, Продолжение таблицы экспликации помещений, Схема расположения цветовой панели на фасаде		Р	2	
КМУС				

План 1-го этажа

Экспликация помещений 1-го этажа



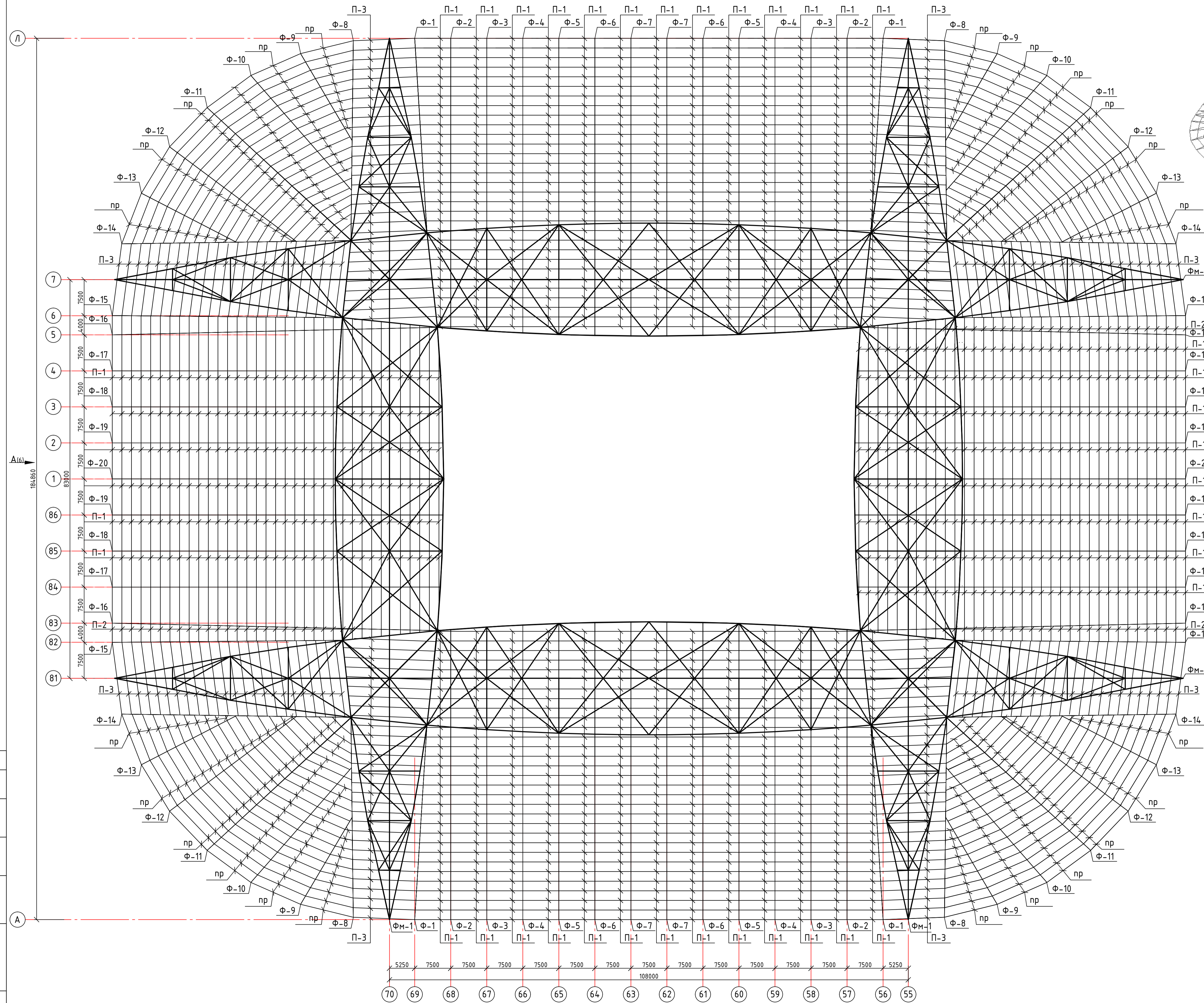
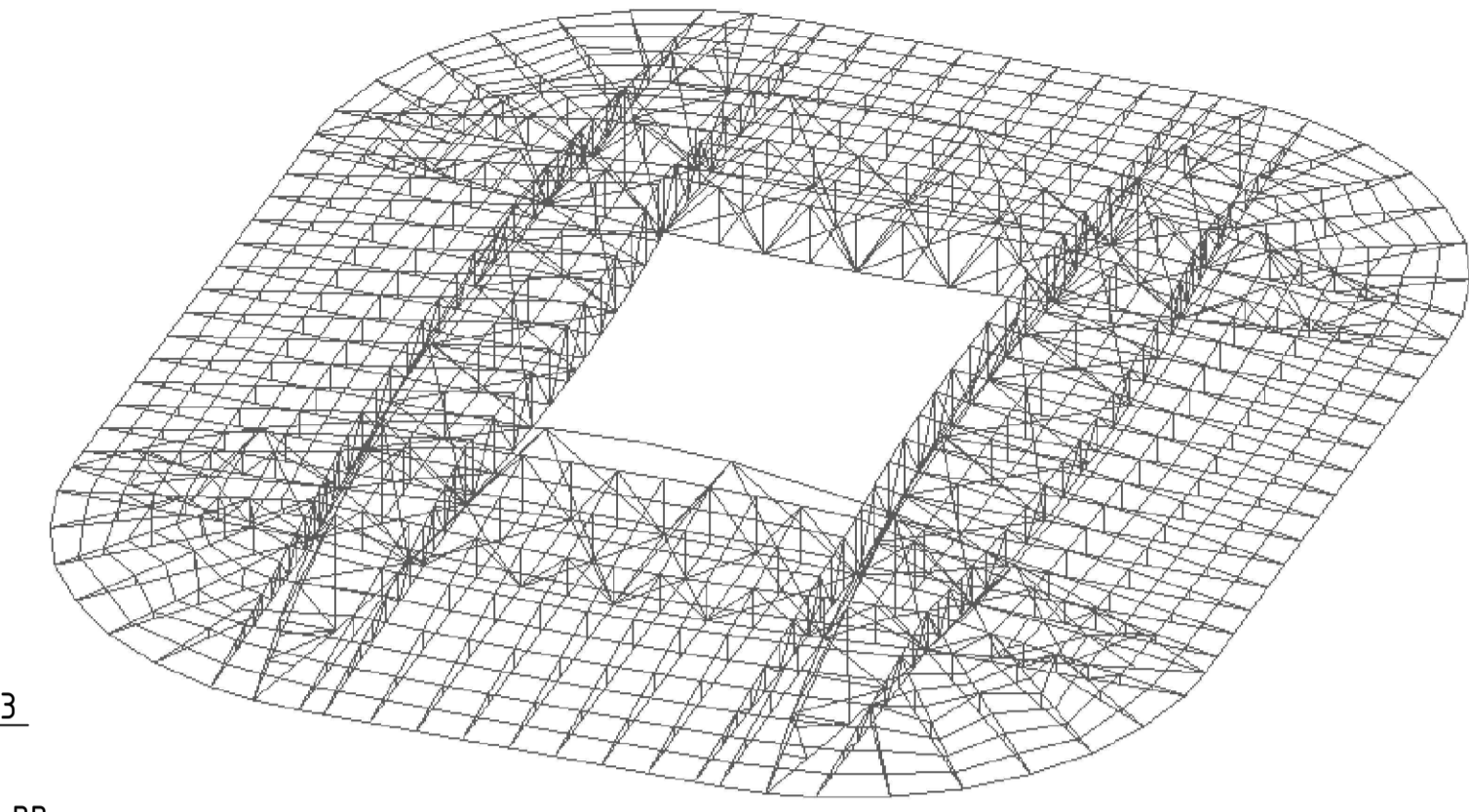
Номер помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. помещ.
1	Гардероб	580,97	
2	Центральная компьютерная диспетчерская	569,01	
3	Офис FIFA.com	50,7	
4	FIFA Media Channel	58,91	
5	Служба подготовки информации	14,138	
6	Электрощитовая	57,47	
7	Бойлерная	45,57	
8	Насосная	91,58	
9	Тепловой пункт	140,74	
10	Поддержка информационно-технической инфраструктуры стадиона	148,98	
11	Склад объекта логистики	39,7	
12	Склад объекта логистики	33,15	
13	Склад сувениров и фанатской атрибутики	557,99	
14	Офис концессионной торговли сувенирами и атрибутикой	65,7	
15	Офис логистики	49,28	
16	Транспортный офис	49,73	
17	Инвентарная	44,9	
18	Дополнительное помещение	49,6	
19	Гардероб	285,54	
20	Дополнительное помещение	55,34	
21	ПВК	40,43	
22	Помещение полиции	78,96	
23	Компьютерный офис	47,78	
24	Офис декоративных вывесок	48,6	
25	Офис руководителей служб стадиона	47,72	
26	Мастерская декоративных вывесок и указателей	102,49	
27	Офис руководителей служб стадиона	47,72	
28	Склад декоративных вывесок	100,96	
29	Стойка техники для ухода на территории стадиона	379,89	
30	Незакрепленные рабочие места для СМИ	148,42	
31	Склад терминалов оплаты	65,65	
32	Незакрепленные рабочие места для СМИ	33,03	
33	Офис по работе с наличностью	33,03	
34	Склад рекламных и информационных вывесок	145,95	
35	Офис волонтеров	41,95	
36	Комната регистрации волонтеров	34,32	
37	Комната отдыха волонтеров	34,32	
38	Раздевалка судей на 4 чел.	33,58	
39	Раздевалка для девочек подающих мячи	38,27	
40	Менеджер по экипировке	15,09	
41	Тренерский офис В	30,96	
42	Раздевалка В	126,03	
43	Раздевалка для проводящих церемонии награждения	32,85	
44	Комната хранения медалей		
45	Офис протокольной службы	29,82	
46	Поддержка инфраструктуры стадиона	29,97	
47	Комната водителей	34,04	
48	Массажный кабинет В	38,24	
49	Зона разминки игроков	101,2	
50	Душевая	25,1	
51	Умывальники	13	
52	Санузел	10,8	
53	Массажный кабинет А	38,45	
54	Раздевалка А	137,03	
55	Зал пресс-конференций	302,89	
56	Менеджер по экипировке	26,58	
57	Тренерский офис А	50,16	
58	Незакрепленные рабочие места для СМИ	79,63	
59	Раздевалка для мальчиков подающих мячи	46,84	
60	Инвентарная	32,06	
61	Мед.пункт	35,07	
62	Мед.пункт	36,1	
63	Раздевалка судей на 4 чел.	33,58	
64	Офис организаторов мероприятий	34,18	
65	Допинг контроль А	21,37	
66	Допинг контроль Б	33,58	
67	Незакрепленные рабочие места для СМИ	79,65	
68	Компьютерный офис	38,79	
69	Менеджер участка	39,56	
70	Менеджер объекта	54,59	
71	Офис связи службы ИТ	22,66	
72	Центральная информационная система	45,09	
73	Офис правообладателя гостевого обслуживания	29,97	

Примечания:  
1. Данный лист читать совместно с л. 2

				ДП-08.05.01-2021 АР					
				ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом	Страницы	Лист	Листов
Разработана	Левченко А.Т.						Р	3	
Консультант	Козручица Е.Т.					План 1-го этажа, Экспликация помещений 1-го этажа	КШУС		
Руководитель	Максимов А.В.								
Н. контроль	Максимов А.В.								
Заф. каф.	Дворниев С.В.								

Схема расположения конструкций покрытия

3D вид покрытия



Ведомость элементов

Марка элемента	Сечение		Наименование или марка материала	Примечание	
	Эскиз	Поз. Состав			
Ф-1 Ф-2 Ф-3 Ф-4 Ф-5 Ф-6 Ф-7 Ф-8 Ф-9 Ф-10 Ф-11 Ф-12 Ф-13 Ф-14 Ф-15 Ф-16 Ф-17 Ф-18 Ф-19 Ф-20		1 Д350x300 x7,5	С390		
П-1 П-2 П-3		300x4,5		С390	л=7 п.м.

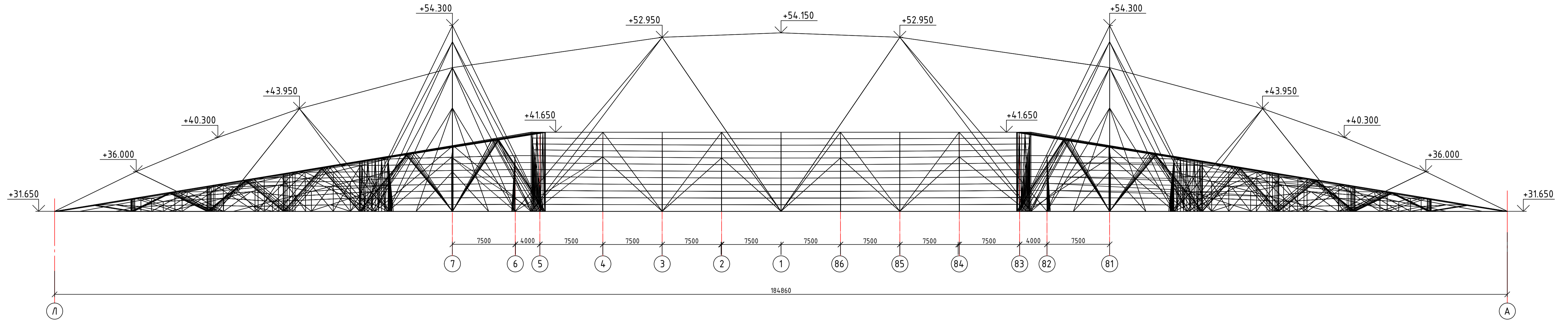
Примечание:  
 1. Данный лист читать совместно с листами 5, 6, 7  
 2. Длину каждого прогона уточнять по месту

ДП-08.05.01-2021 КР				
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт				
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подл. Дата
Разработчик	Левченко А.Т.			
Консультант	Максимов А.В.			
Руководитель	Максимов А.В.			
Н. контроль	Максимов А.В.			
Заф. каф.	Двордиев С.В.			
Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом			Стация	Лист
Схема расположения конструкций покрытия, 3D вид покрытия, Ведомость элементов			Р	4
			СКУЭС	

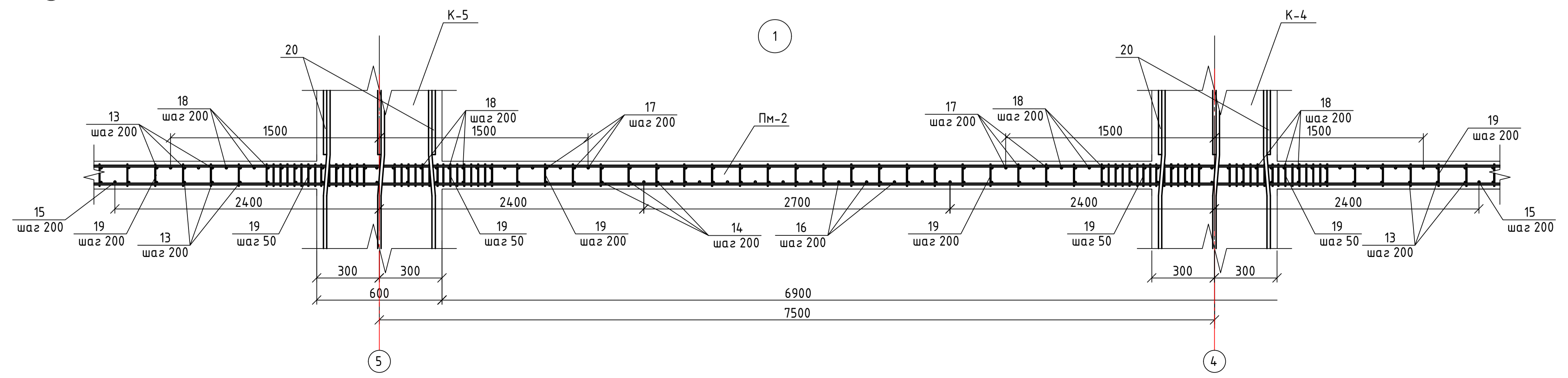
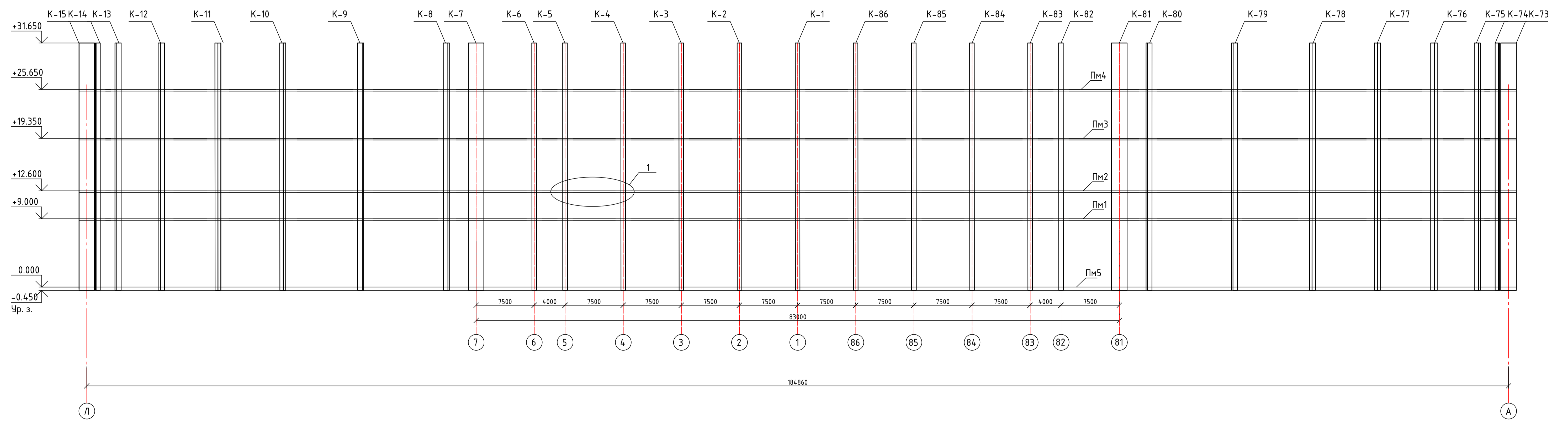
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

Вид А конструкции покрытия



Вид А колонн и перекрытий



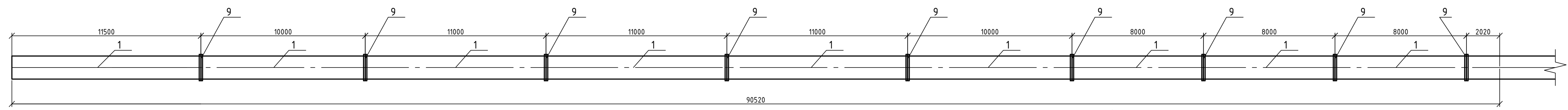
Примечание:  
1. Данный лист читать совместно с листами 4, 7, 8

ДП-08.05.01-2021 КР					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработчик	Левченко А.Н.				
Консультант	Максимов А.В.				
Руководитель	Максимов А.В.				
Н. контроль	Максимов А.В.				
Заф. каф.	Доржиев С.В.				
Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом				Стация	Лист
Вид А конструкции покрытия, Вид А колонн и перекрытий, Ферма Ф-20, Узел 1				Р	5
				СКУС	

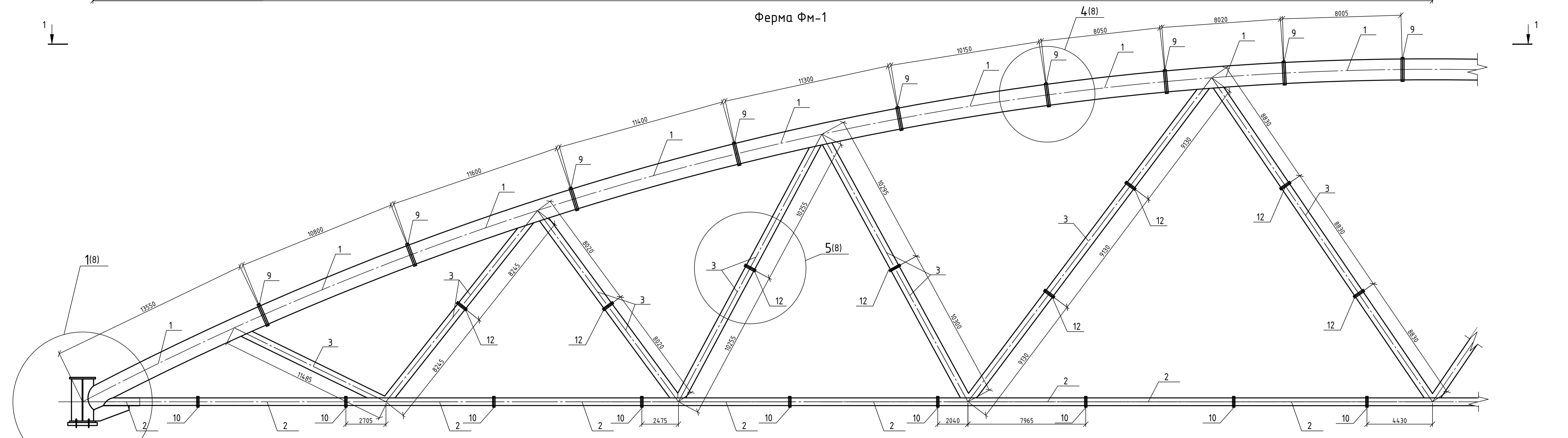
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

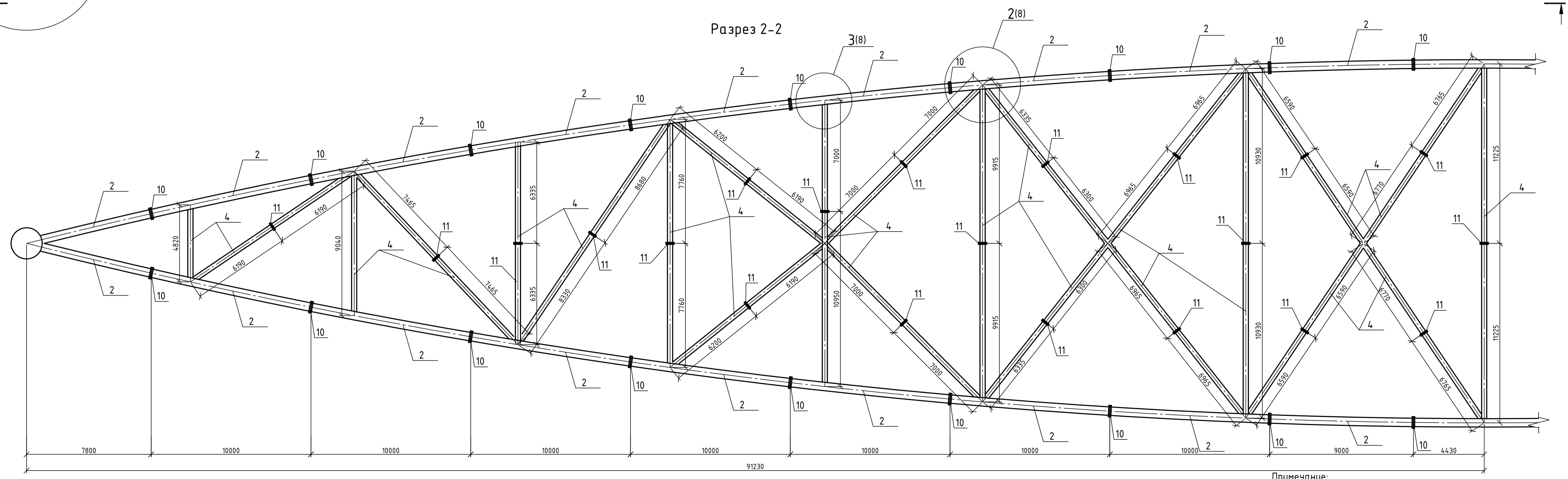
Разрез 1-1



Ферма ФМ-1



Разрез 2-2



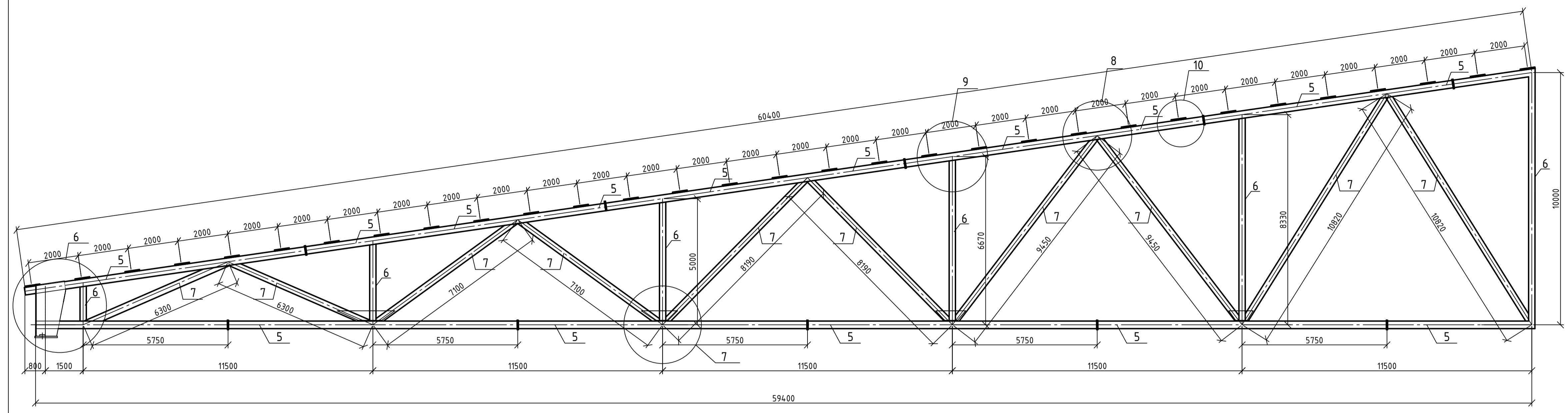
Примечание:  
1. Данный лист читать совместно с листами 4, 7, 8

						ДП-08.05.01-2021 КР			
						ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом	Страница	Лист	Листов
Разработана	Левченко А.Т.						Р	6	
Консультант	Максимов А.В.					Ферма ФМ-1, Разрез 1-1, Разрез 2-2	СКЧУС		
Руководитель	Максимов А.В.								
Н. контроль	Максимов А.В.								
Заф. каф.	Двордиев С.В.								

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

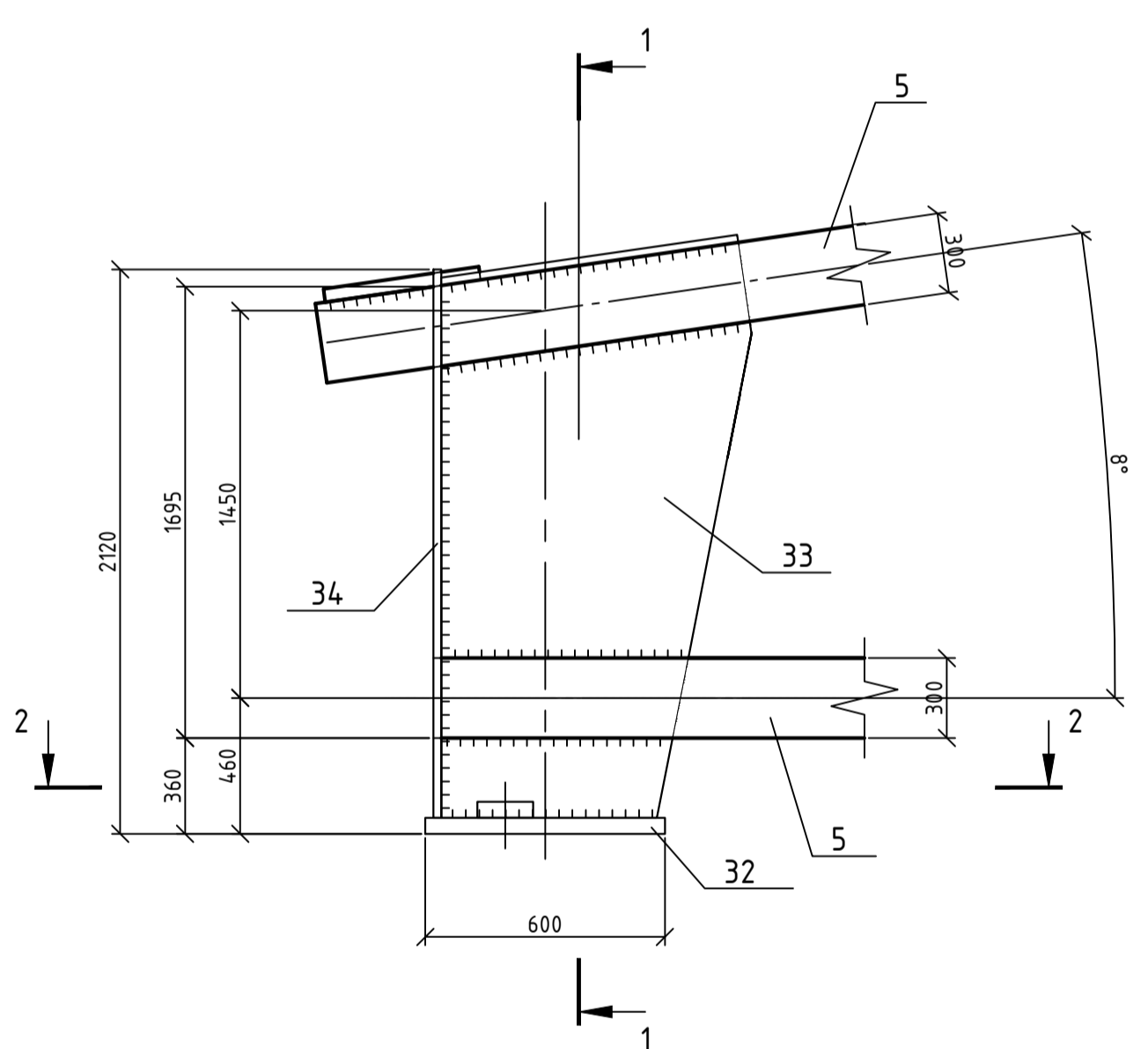
Ф-20



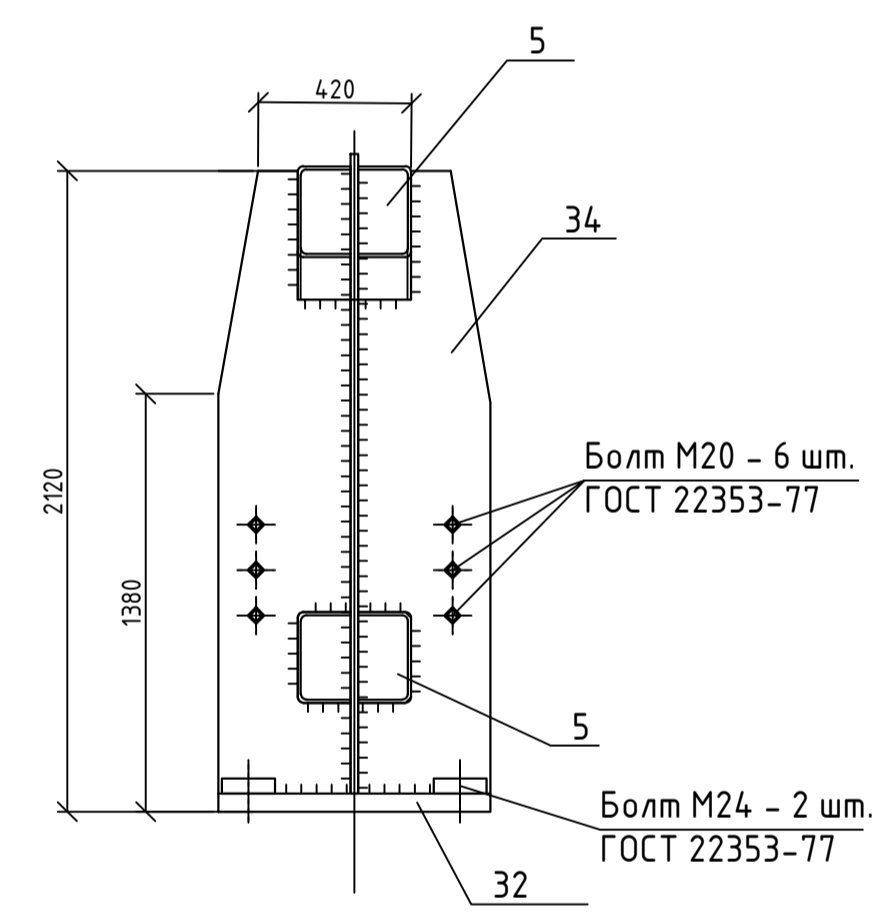
Спецификация металлопроката

Наименование профиля ГОСТ, ТУ	Наименование или марка металла, ГОСТ, ТУ	Номер или размеры профиля, мм	Поз.	Масса металла по элементам конструкций, Т				Общая масса, Т
				Ферма Фм-1	Ферма Фм-2	Подстропильная ферма	Прогоны	
Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91	Ст 16Г2Ф ГОСТ 19281-2014	1420x20	1	151				
		630x5,5	2	85				
		630x7	3	165				
		325x4	4	52				
		1420x14	1		125			
		530x5	2		62			
		426x5,5	3		120			
325x4	4		43					
Всего профиля				453	350			803
Прямоугольные трубы по ГОСТ Р 54157-2010	Ст 16Г2Ф ГОСТ 19281-2014	350x300x7,5	5			284		
		300x250x7	6			124		
		300x250x5,5	7			158		
Всего профиля						566		566
Квадратные трубы по ГОСТ Р 54157-2010	Ст 16Г2Ф ГОСТ 19281-2014	300x4,5	8				548	
Всего профиля							548	548
Масса наплавленного металла 1%								20

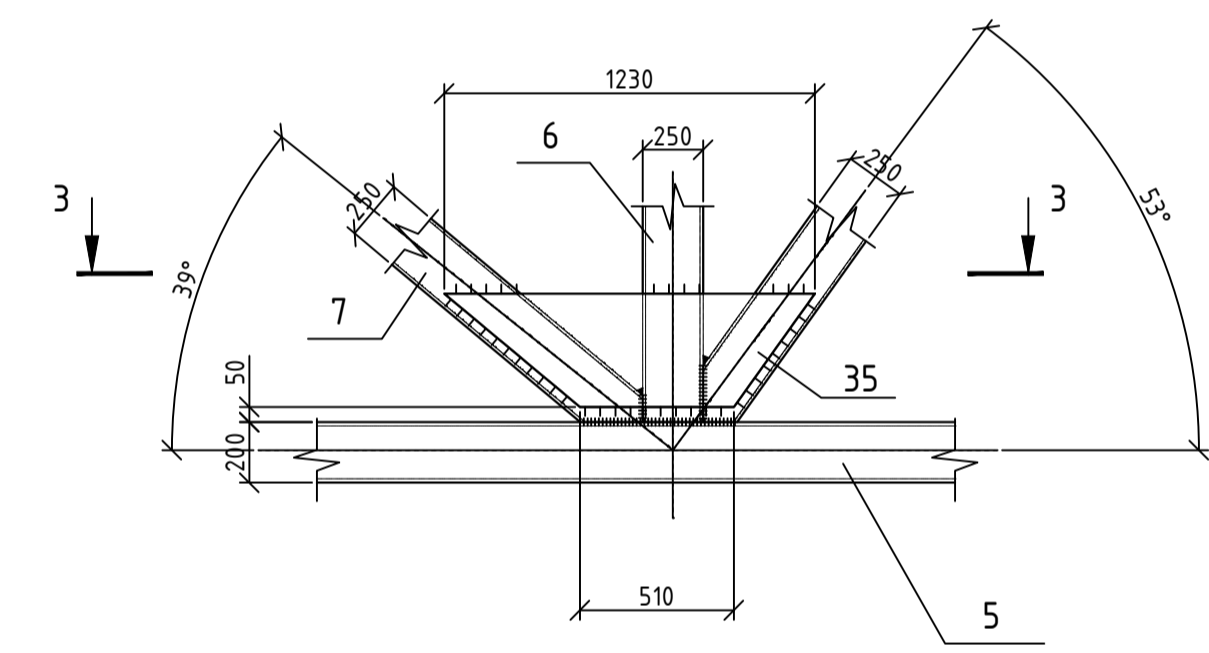
6



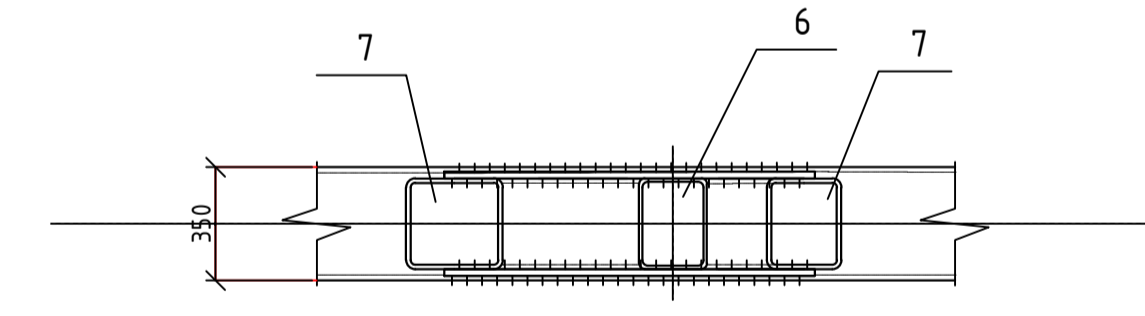
1-1



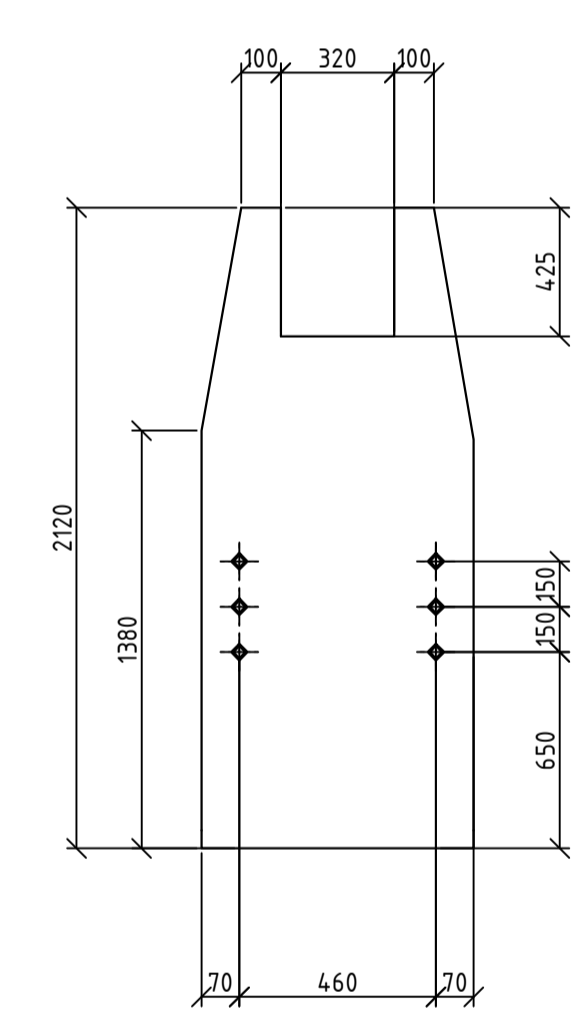
7



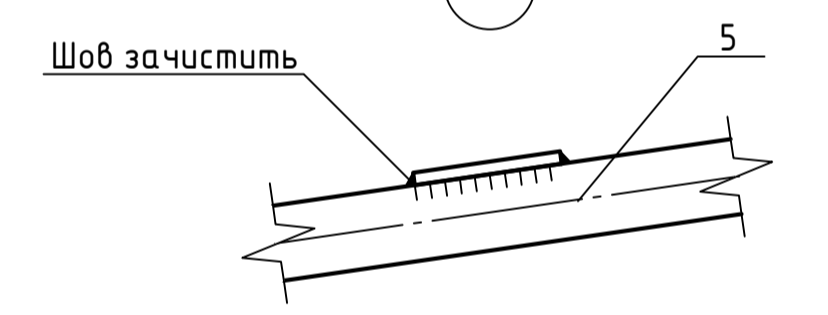
3-3



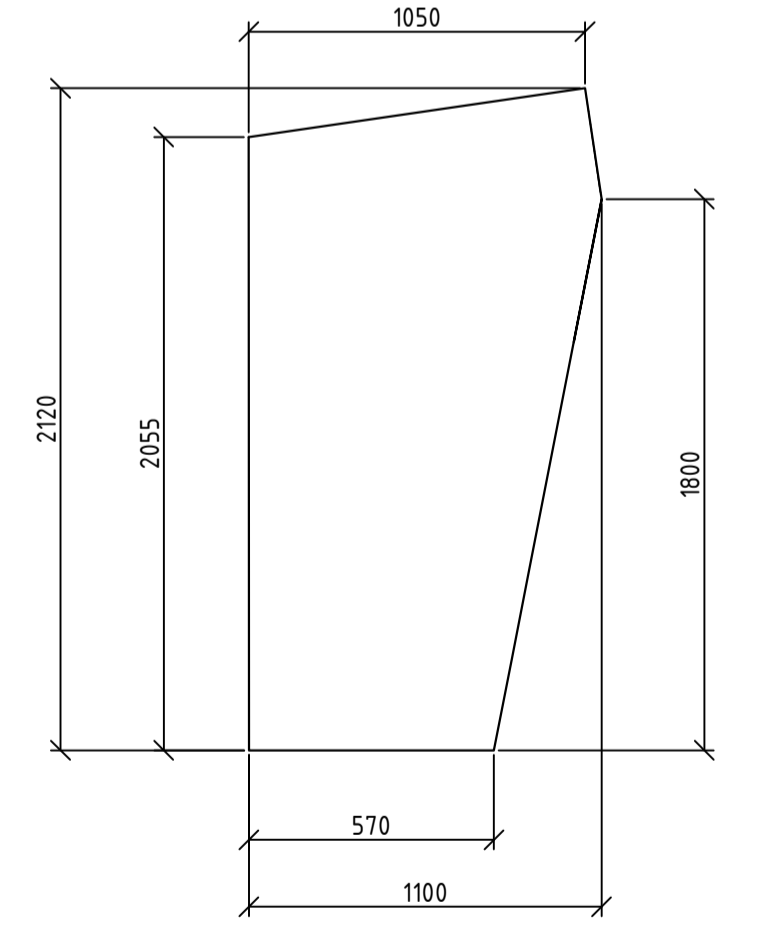
Дет. поз. 34



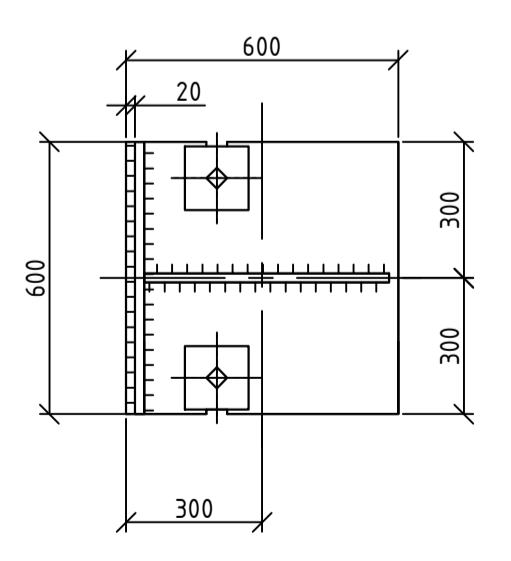
10



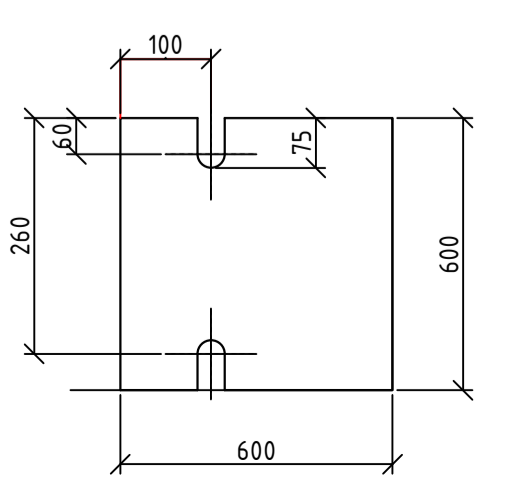
Дет. поз. 33



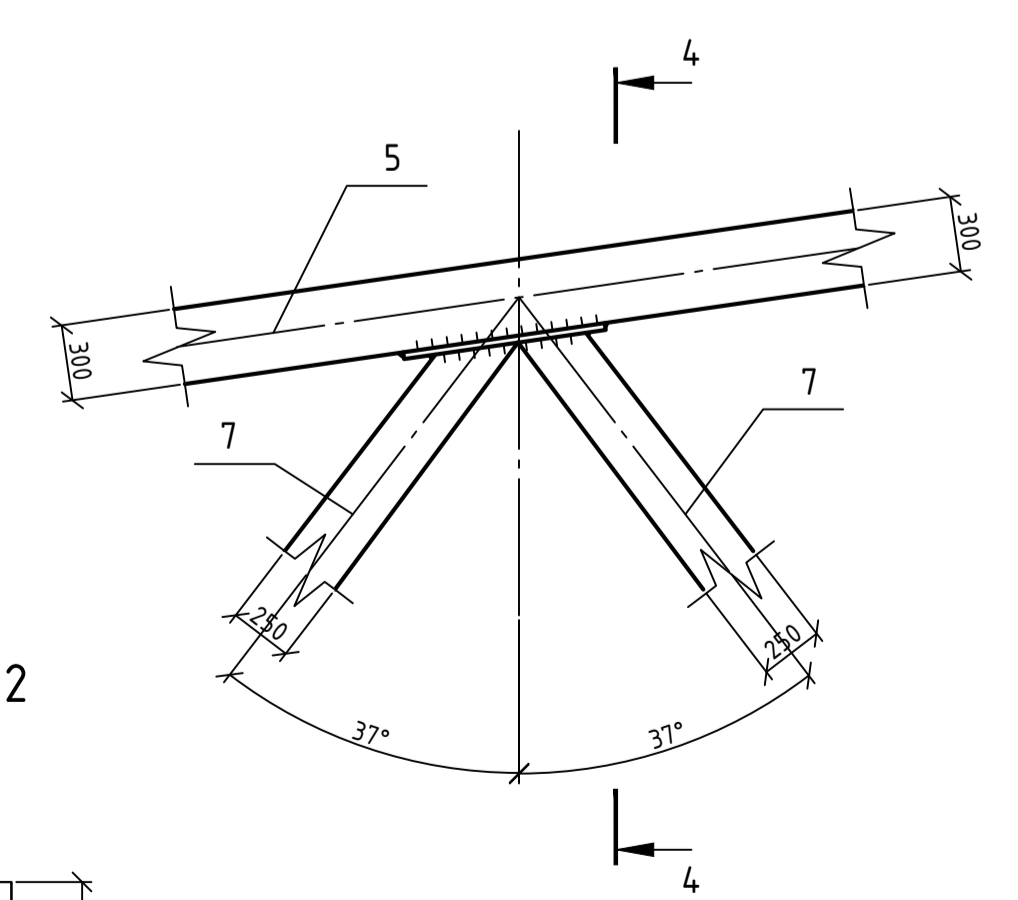
2-2



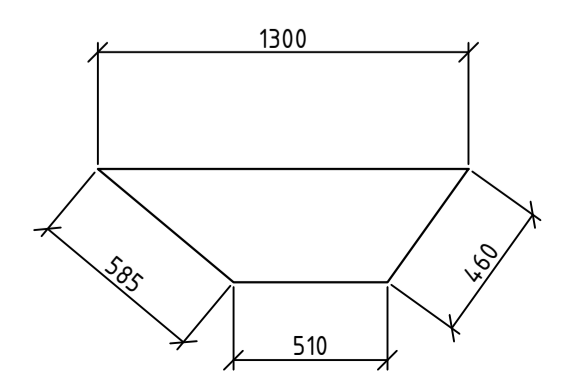
Дет. поз. 32



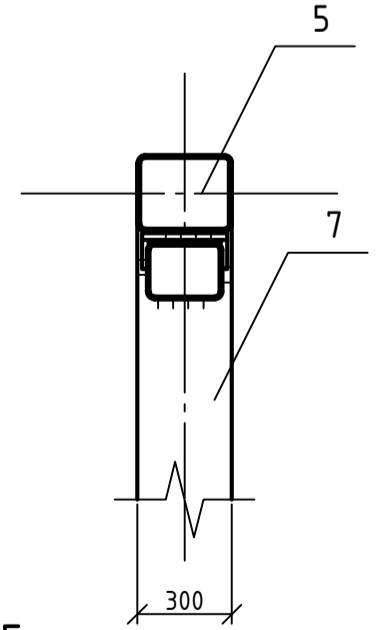
8



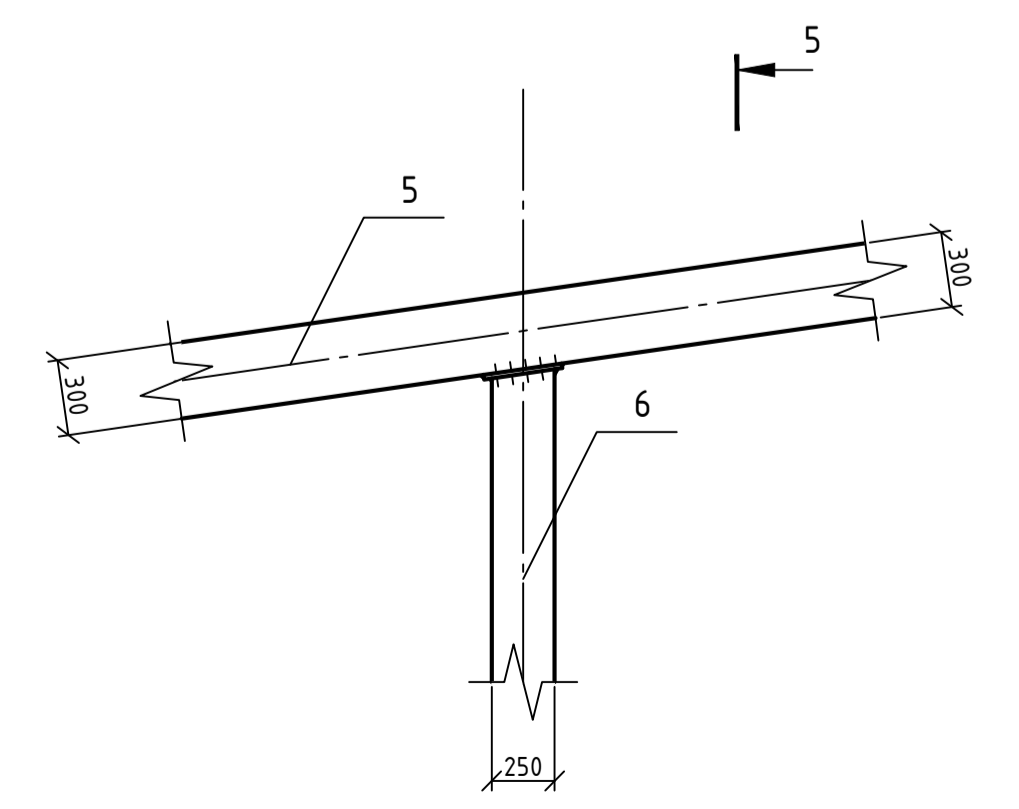
Дет. поз. 35



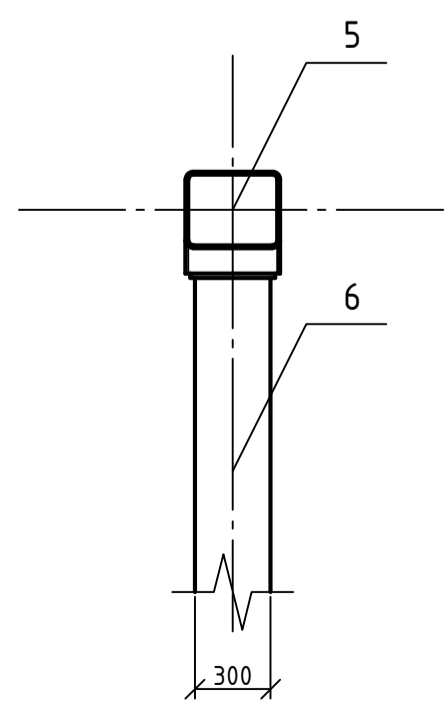
4-4



9



5-5



- Примечание:
1. Данный лист читать совместно с листом 4, 8;
  2. Высоту катета сварного шва принимать по наименьшей толщине свариваемых деталей, если не указано иначе;
  3. Сварка механизированная, порошковой проволокой С6-10ГА, электрод - Э60;

ДП-08.05.01-2021 КР					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработана	Левченко А.Т.				
Консультант	Максимов А.В.				
Руководитель	Максимов А.В.				
Н. контроль	Максимов А.В.				
Заф. каф.	Дворовцев С.В.				
Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом				Стадия	Лист
Ферма Ф-20, Узлы 6-10, Разрез 1-1, Разрез 2-2, Разрез 3-3, Разрез 4-4, Разрез 5-5				Р	7
				СКУС	

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

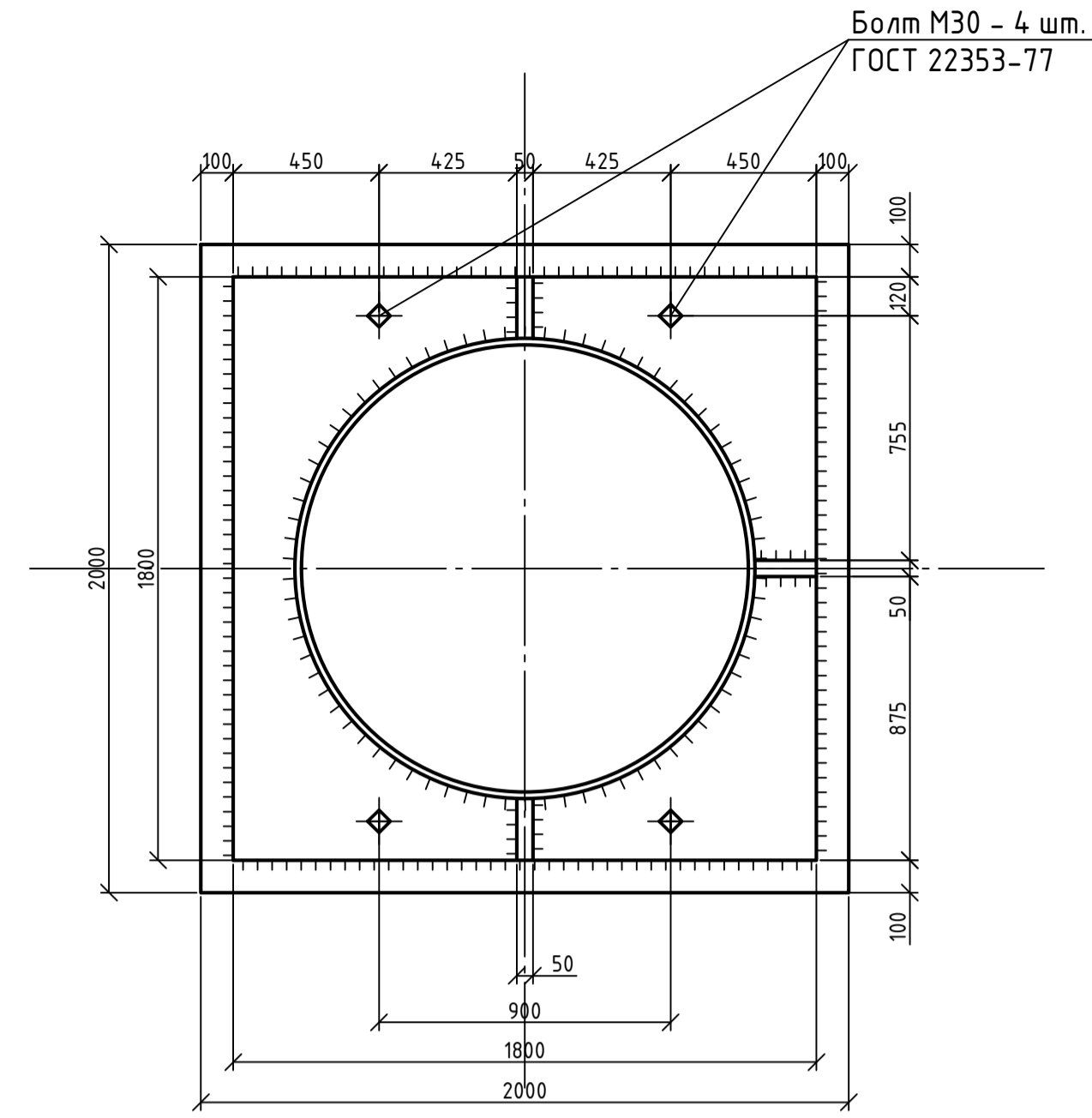
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK



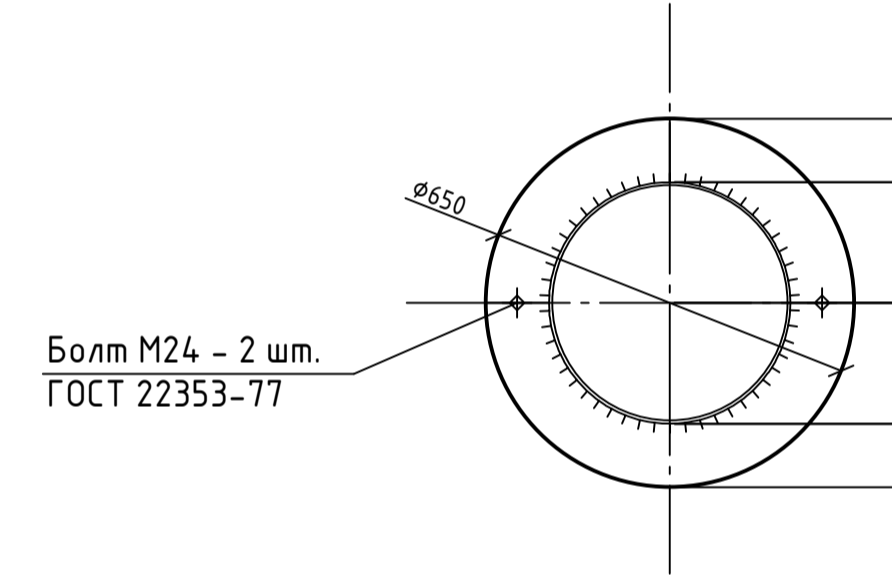
Спецификация стали

Марка элемента	№ детали	Количество	Сечение	Длина, мм	Масса, кг		Элемент	Сталь	Примечание
					Однот. детали	Всех			
ФМ	1	400	400	Ø1420 x 20	1000	690,5	276200	803261,8	
	2	2271	2271	Ø530x5	1000	64,74	147025		
	3	2649	2649	Ø630x7	1000	107,6	285032		
	4	2997	2997	Ø325x4	1000	31,7	95004,9		
Ф-20	5	3877	3877	□350x300x7,5	1000	73,26	284029	566030,3	
	6	1966	1966	□300x250x7	1000	63,08	124015		
ФМ	7	3144	3144	□300x350x5,5	1000	50,25	157986	839769,4	
	8	13256	13256	□300x4,5	1000	41,34	548003		
	9	40	40	Ø1700x280x4,00		3922	156880		
	10	72	72	Ø650x110x60		163	11736		
	11	80	80	Ø445x80x60		73	5840		
	12	32	32	Ø650x80x112		160	5120		
	28	8	8	2410x50		977	7816		
	29	16	16	1760x100	1760	2416	38656		
	30	8	8	Ø1420x20	2860	1974,8	15798,4		
	31	8	8	2000x200	2000	6240	49920		
	Ф-20	32	1	1	30x600x600		84,78		84,78
33		1	1	20x1100x2120		40,68	40,68	см. чертеж	
34		1	1	20x604x2120		22,34	22,34	см. чертеж	
35		1	1	10x375x1300		38,27	38,27	см. чертеж	
Масса наплавленного металла 1%						22092,5			

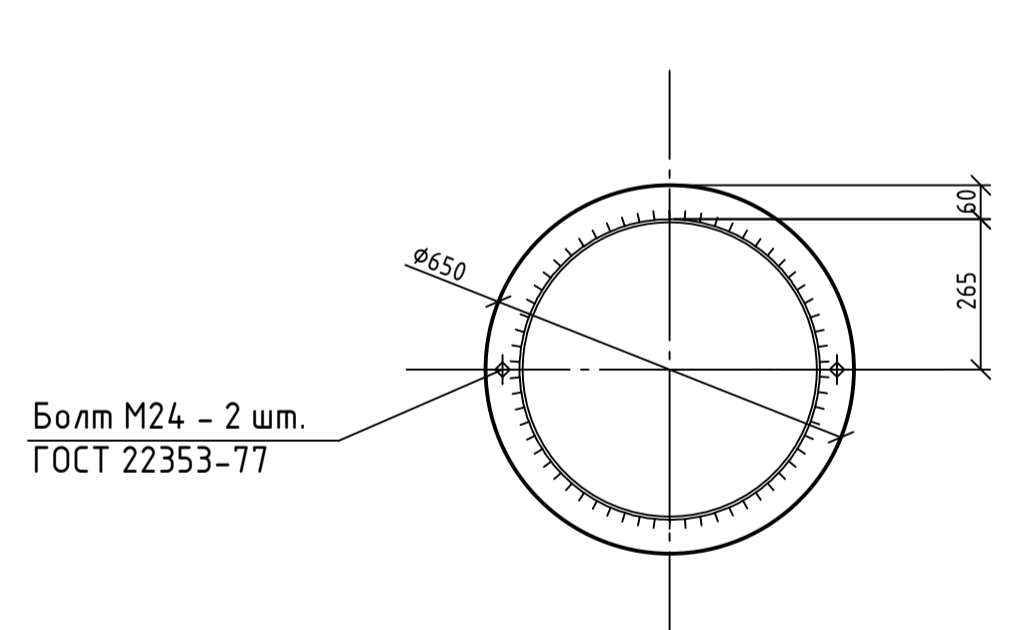
Разрез 4-4



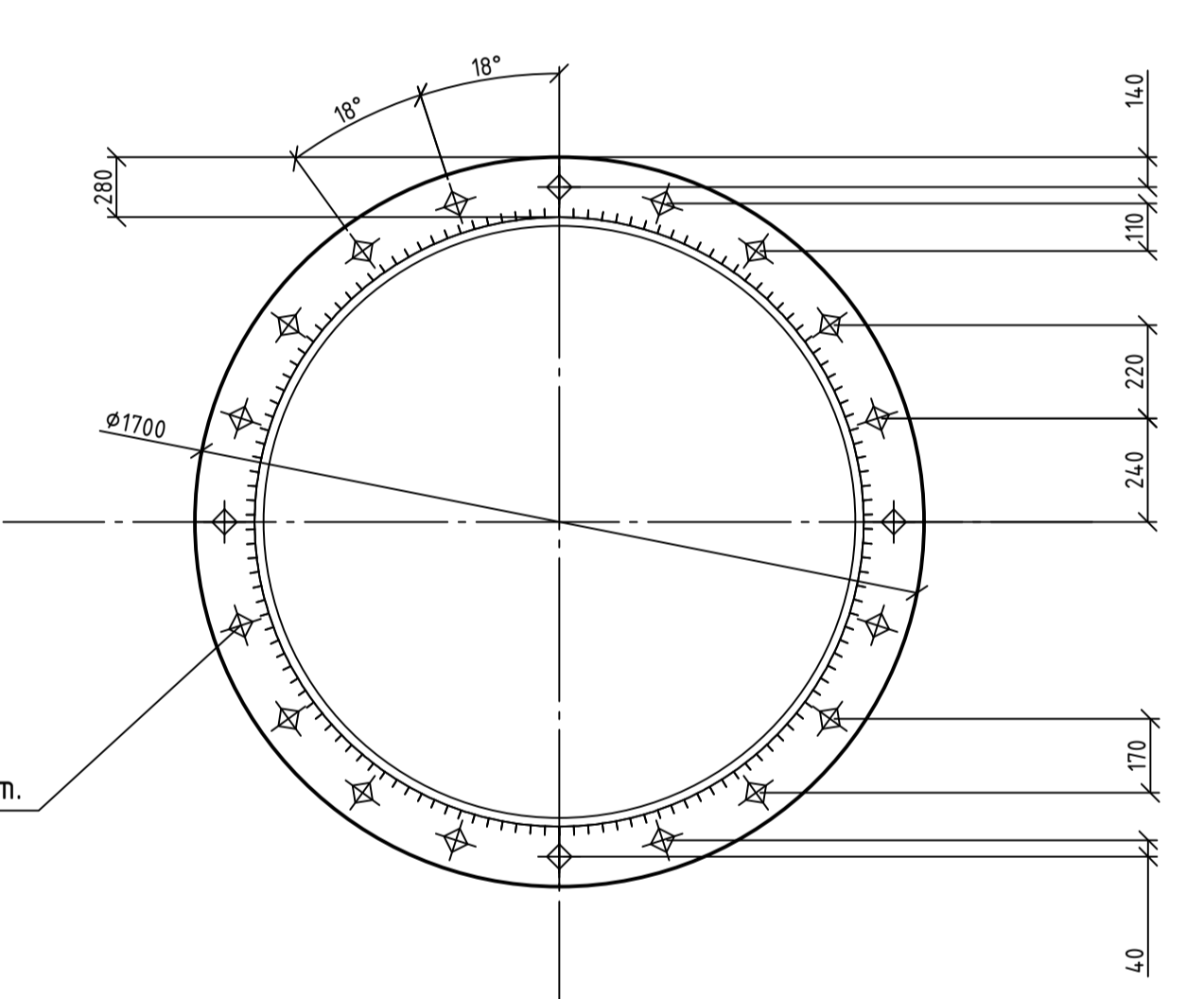
Разрез 3-3



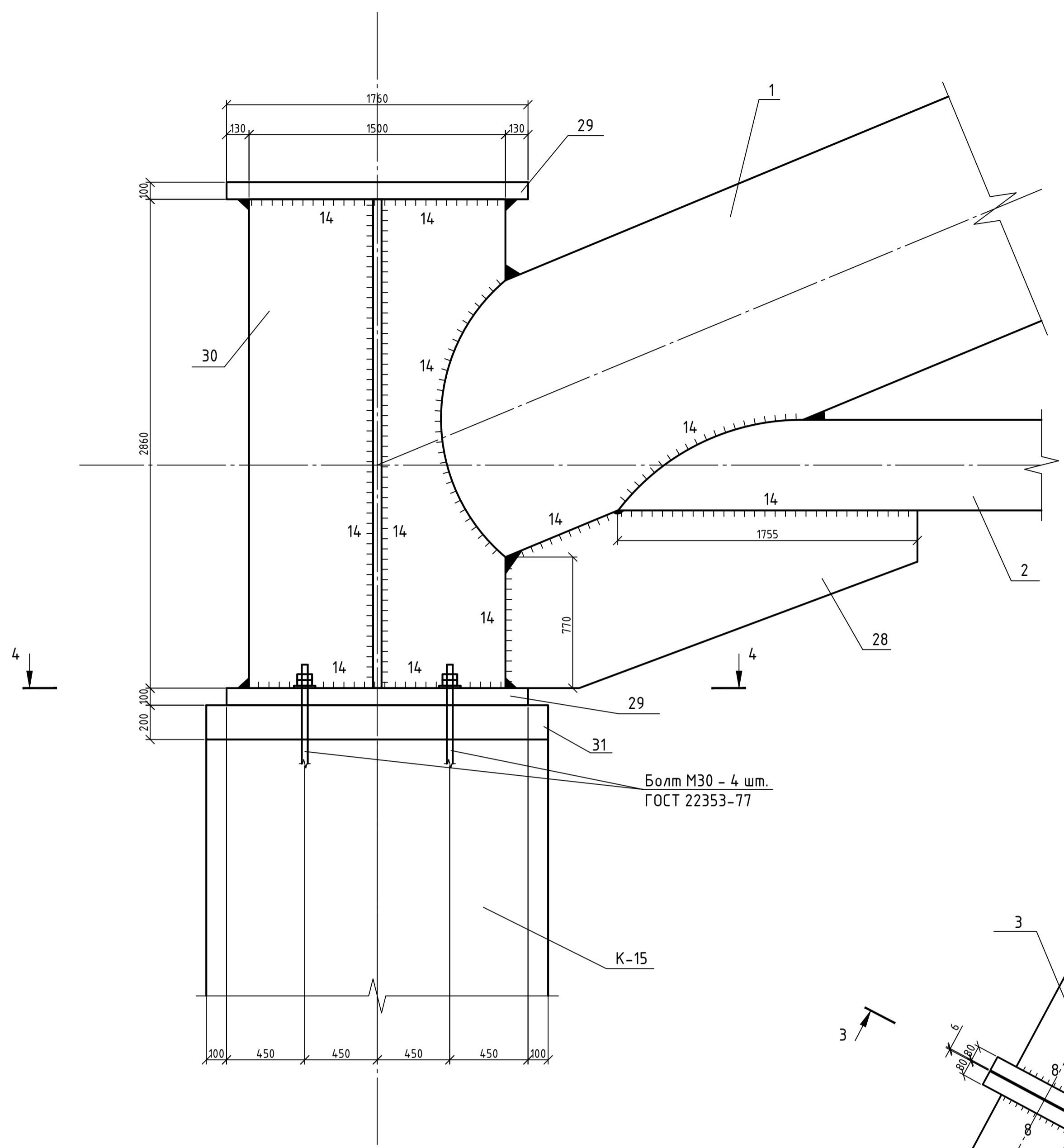
Разрез 2-2



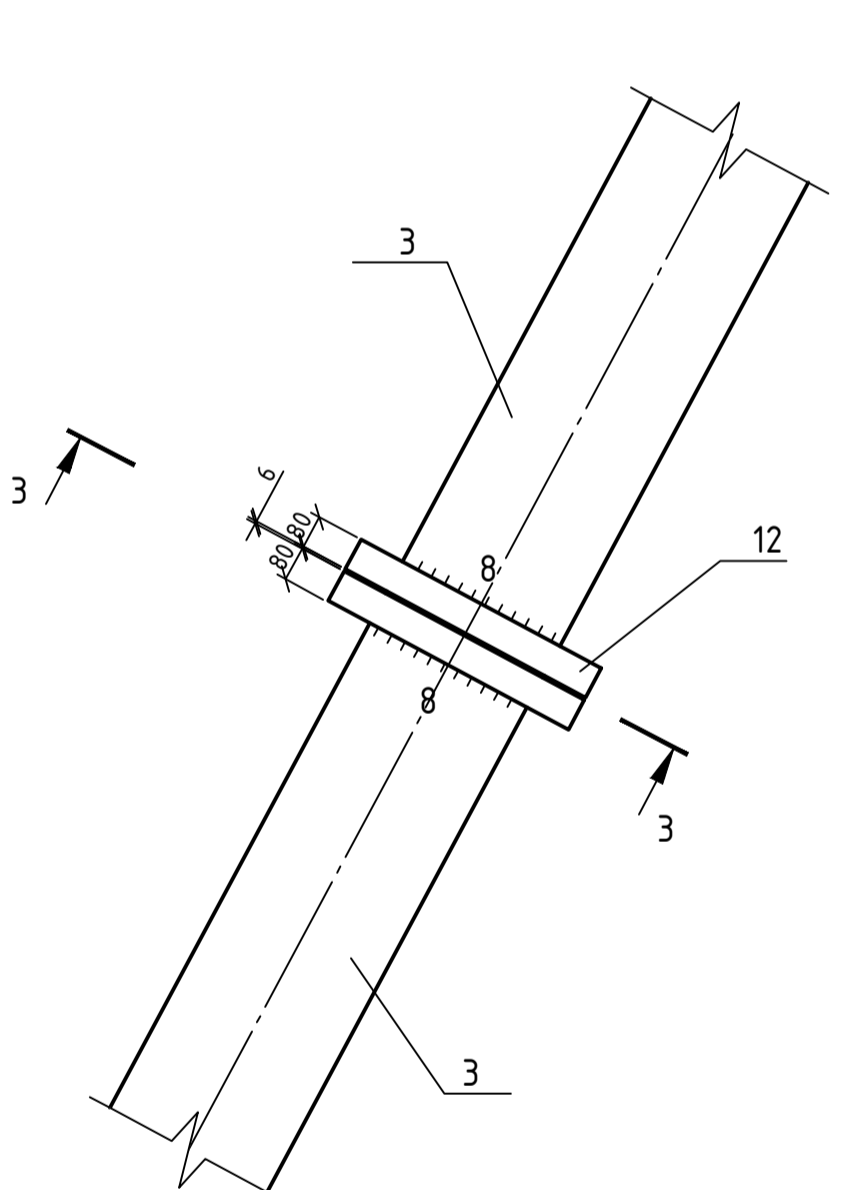
Разрез 1-1



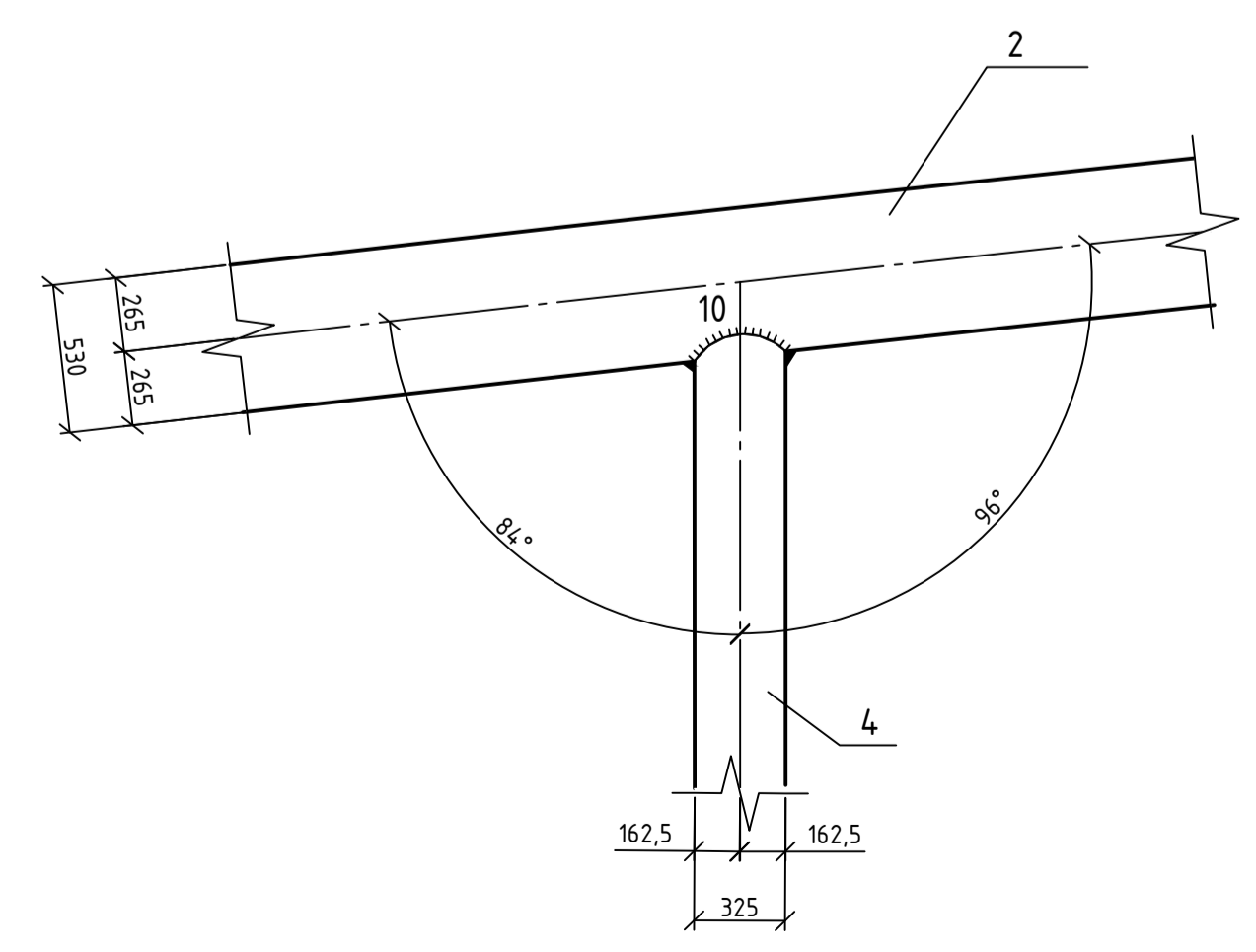
1/6



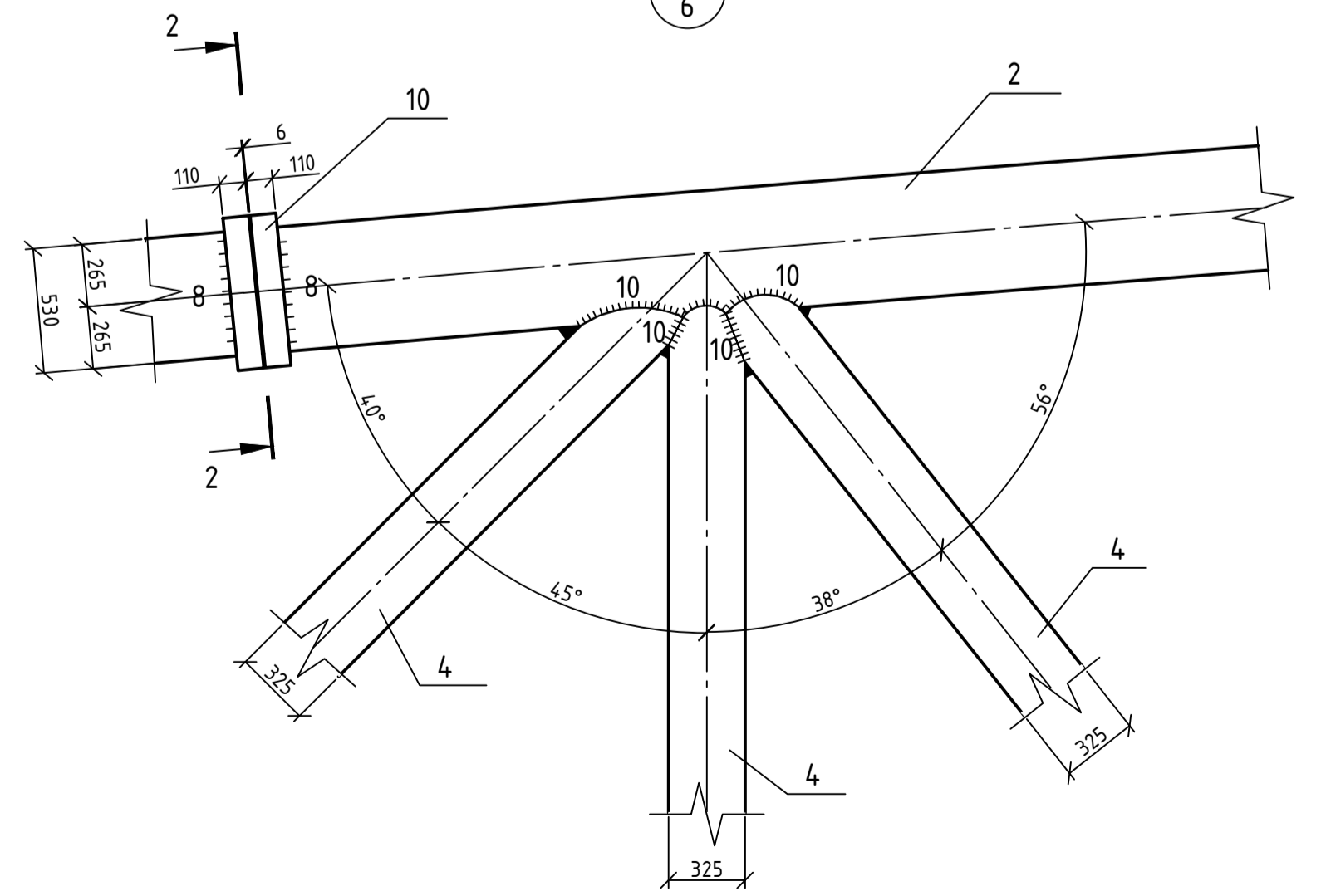
5/6



3/6



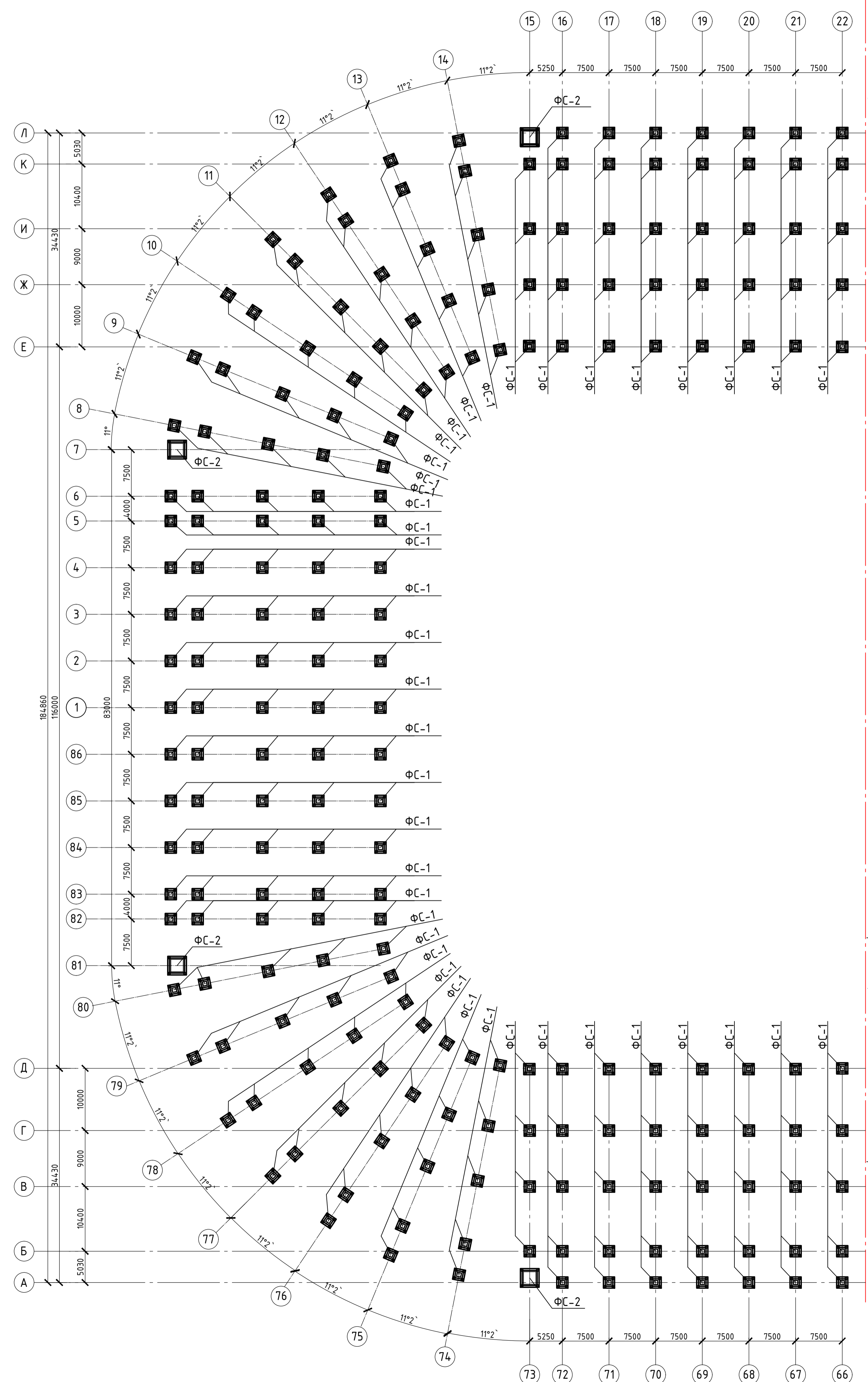
2/6



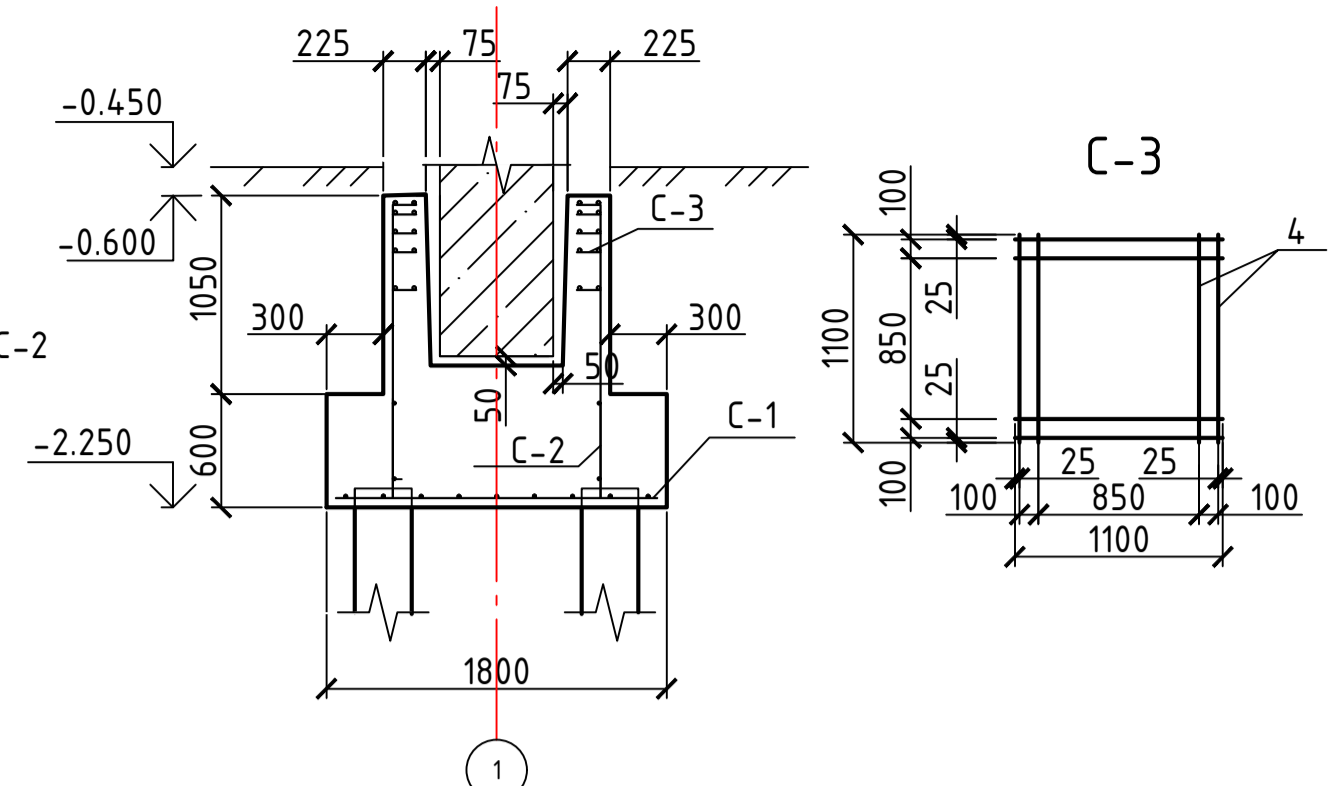
Примечание:  
 1. Монтажные соединения - болтовые на высокопрочных болтах М56 (для поясов), М24 (для связей и раскосов);  
 2. Сварка механизированная, порошковой проволокой Св-10ГА, электрод - Э60;  
 3. Данный лист читать совместно с листом 6.

ДП-08.05.01-2021 КР				
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт				
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подл.
Разработана	Левченко А.Т.			
Консультант	Максимов А.В.			
Руководитель	Максимов А.В.			
Н. контроль	Максимов А.В.			
Заф. каф.	Дворовцев С.В.			
Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом			Стадия	Лист
			Р	8
Челы 1-5, Разрез 1-1, Разрез 2-2, Разрез 3-3, Разрез 4-4, Спецификация стали			СКУС	

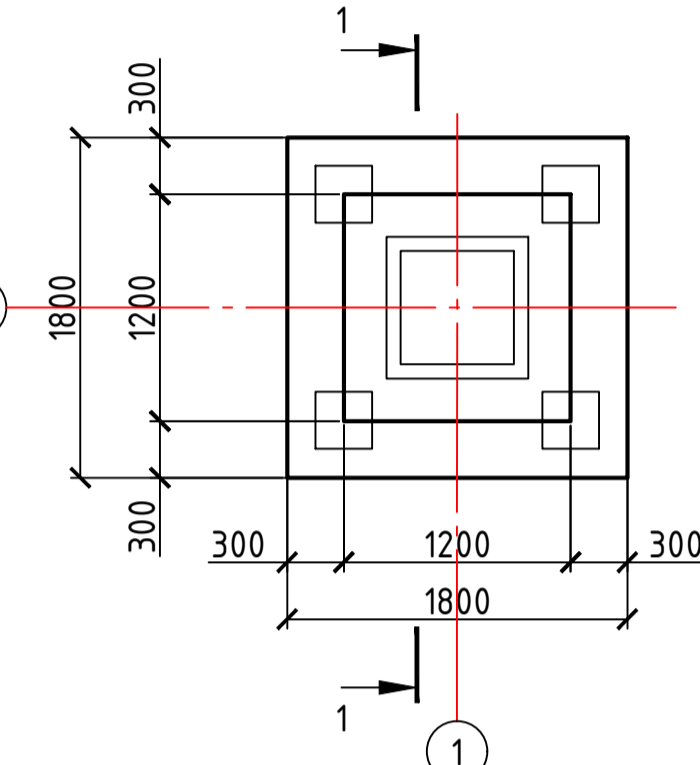
Фрагменты схемы расположения фундаментов



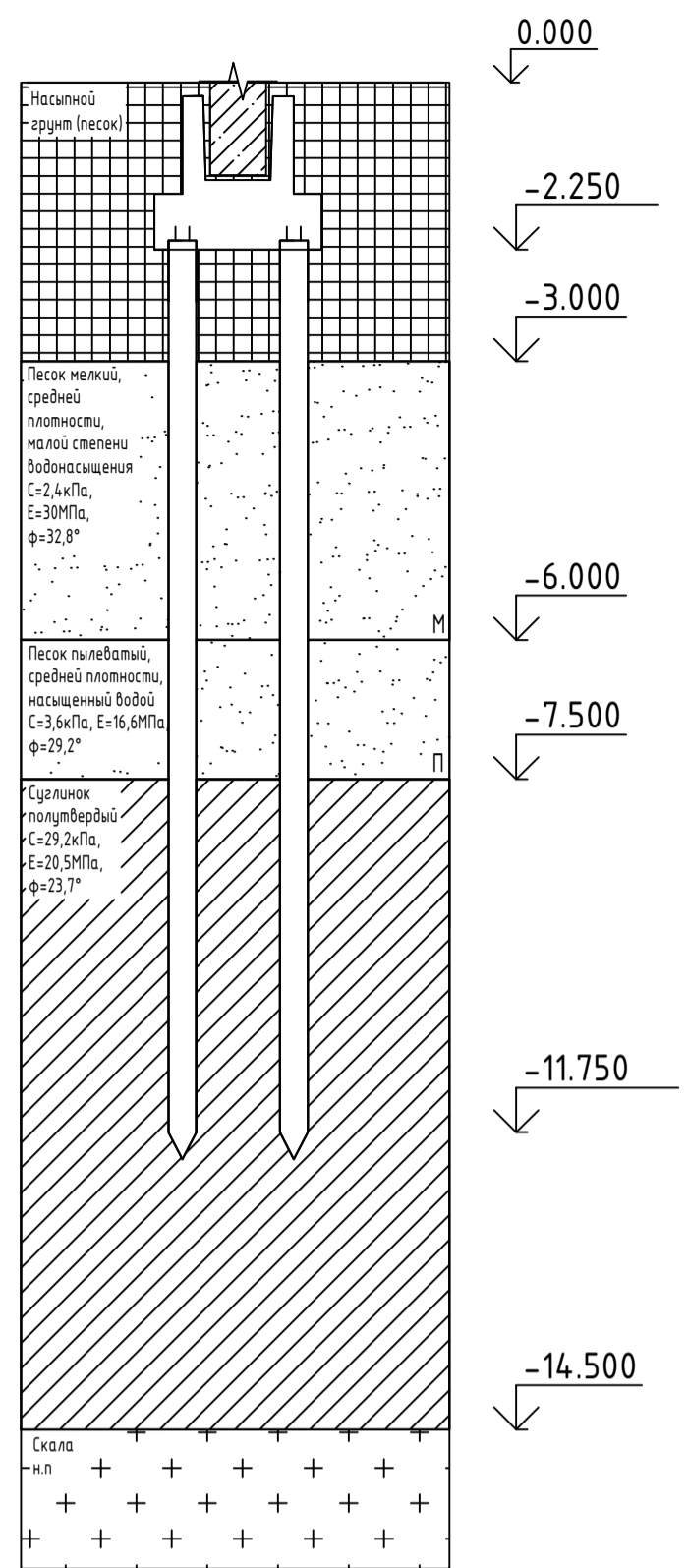
Разрез 1-1



Свайный фундамент ФС-1



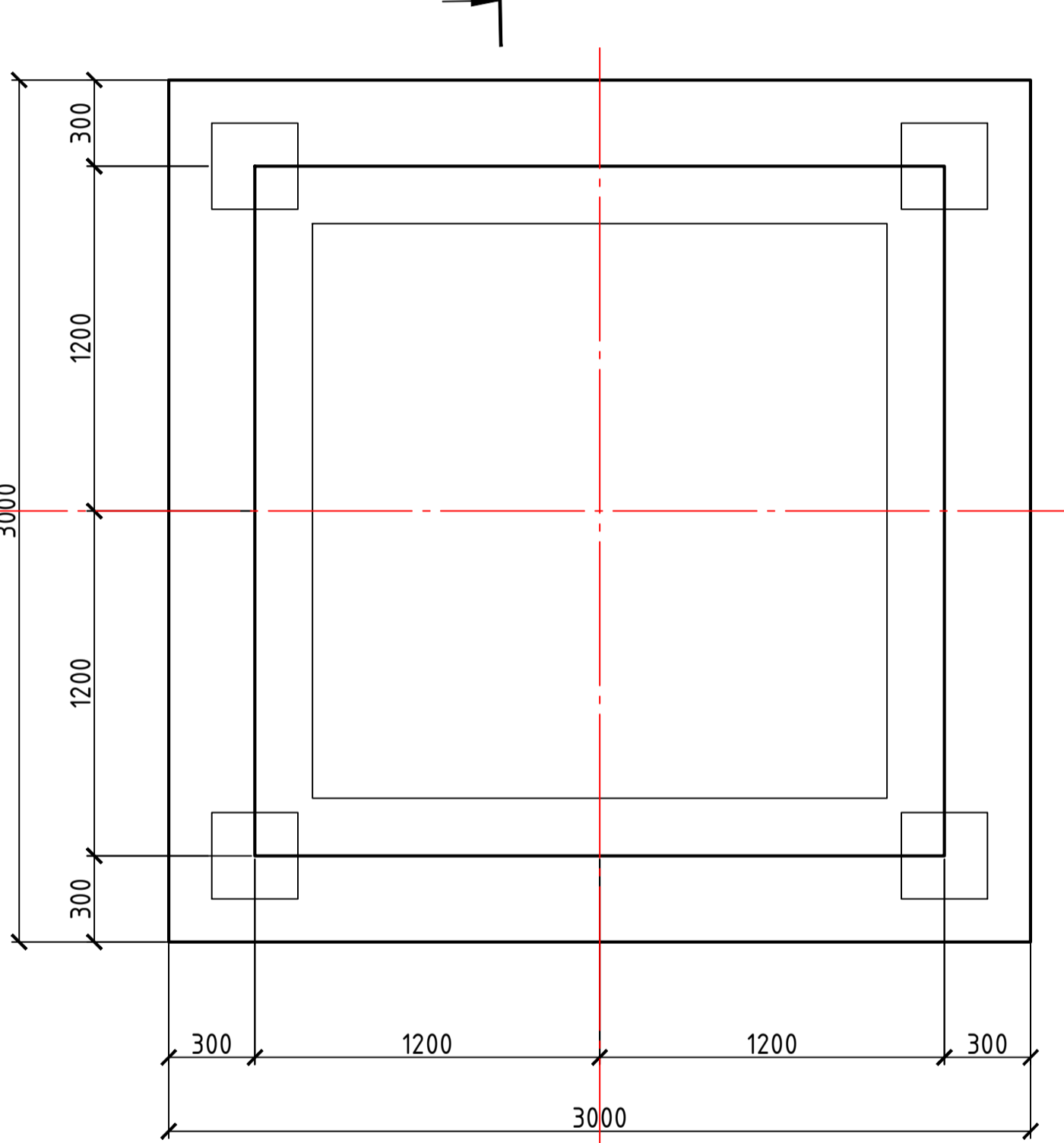
Инженерно-геологическая колонка



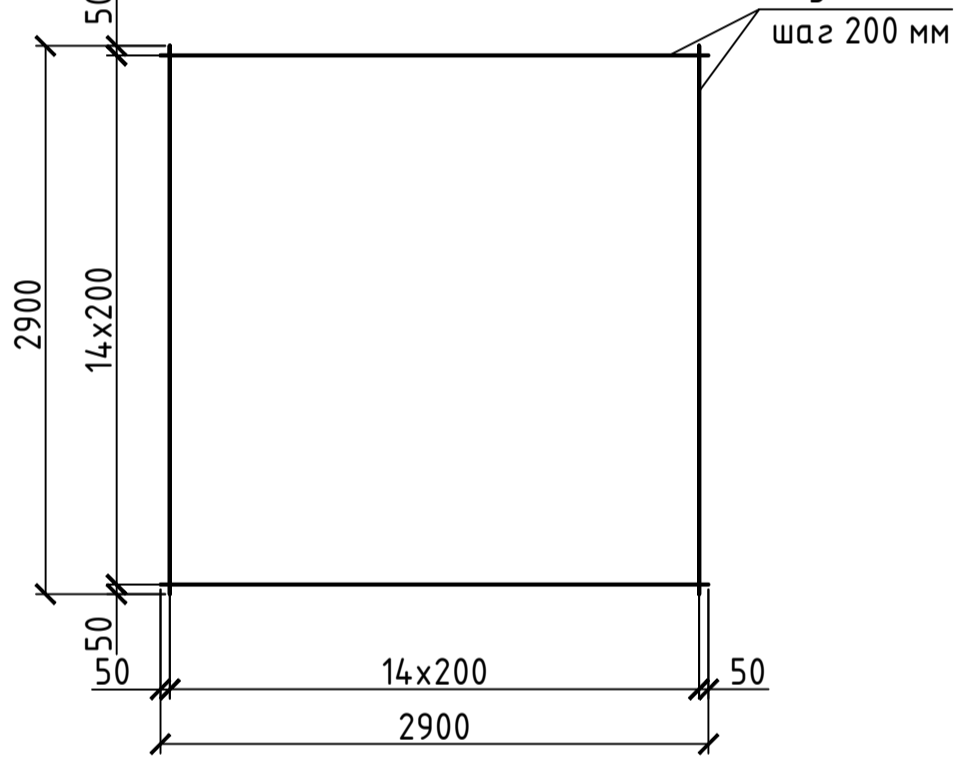
Спецификация элементов фундамента

Марка	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. к.г.	Прим.
ФС-1		Фундамент свайный ФС-1			
С-1	ГОСТ 23279-2012	1С Ø8A400 Ø8A400	1	13,43	
С-2	ГОСТ 23279-2013	1С Ø8A240 Ø8A240	2	11,46	
С-3	ГОСТ 23279-2014	1С Ø8A240 Ø8A240	5	17,38	
Детали					
1	ГОСТ 34028-2016	Ø8A400 l=1700мм	20	13,43	
2	ГОСТ 34028-2017	Ø10A400 l=1550мм	5	4,78	
3	ГОСТ 34028-2018	Ø8A240 l=1200мм	2	0,95	
4	ГОСТ 34028-2019	Ø8A240 l=1100мм	8	3,48	
Материалы					
	ГОСТ 26633-2015	Бетон В20		3,132	м3
ФС-2		Фундамент свайный ФС-2			
С-1	ГОСТ 23279-2012	1С Ø12A400 Ø12A400	1	82,41	
С-2	ГОСТ 23279-2013	1С Ø10A400 Ø8A240	2	22,92	
С-3	ГОСТ 23279-2014	1С Ø8A240 Ø8A240	5	36,34	
Детали					
5	ГОСТ 34028-2016	Ø12A400 l=2900мм	32	82,41	
6	ГОСТ 34028-2017	Ø10A400 l=1550мм	10	9,56	
7	ГОСТ 34028-2018	Ø8A240 l=2400мм	2	1,90	
8	ГОСТ 34028-2019	Ø8A240 l=2300мм	8	7,268	
Материалы					
	ГОСТ 26633-2015	Бетон В20		8,33	м3

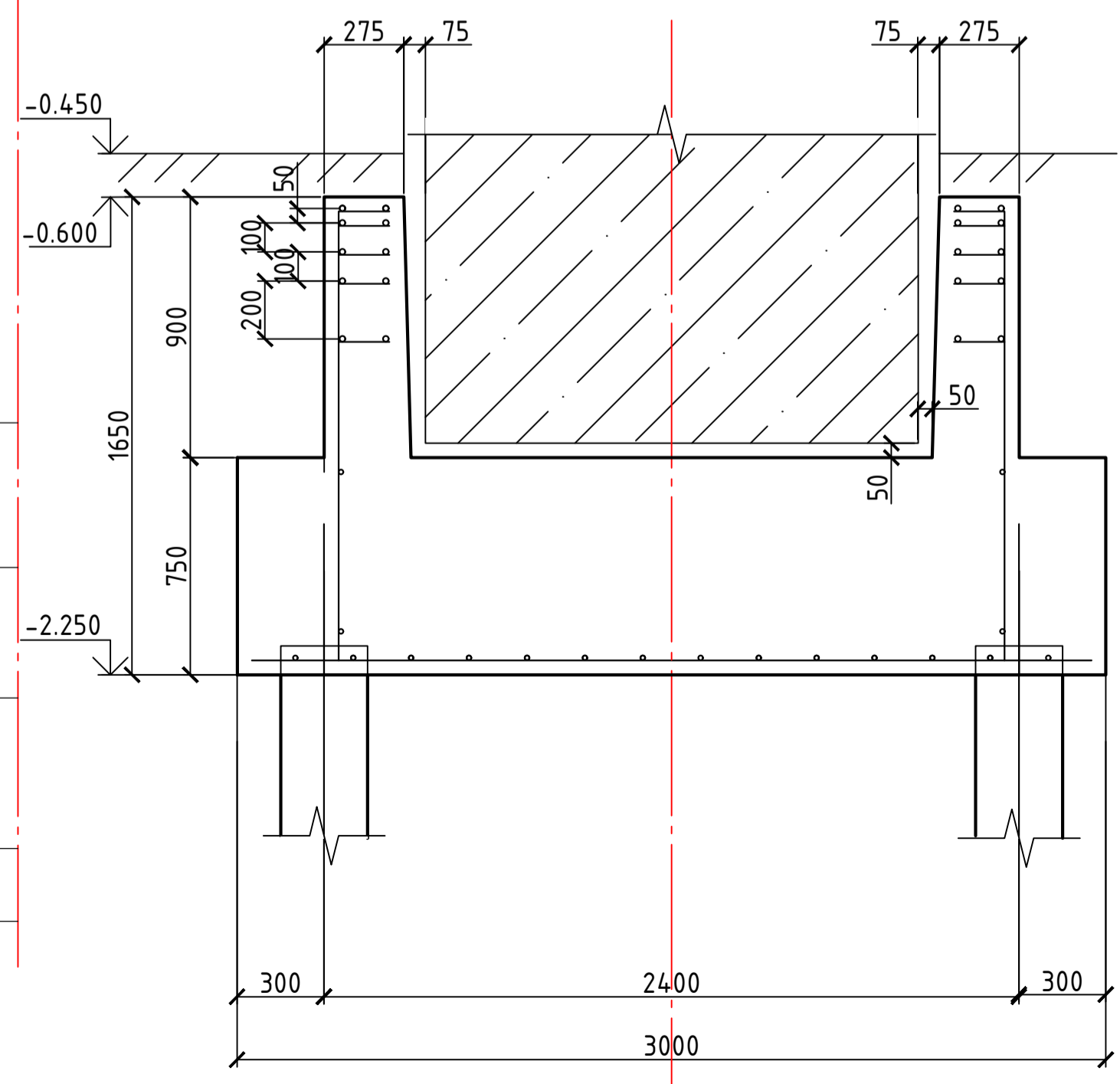
Свайный фундамент ФС-2



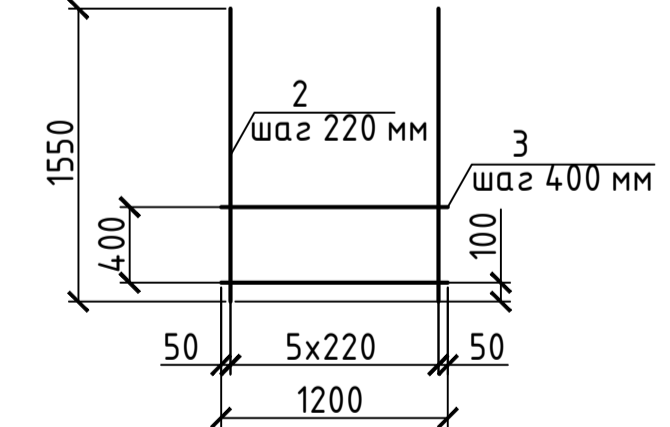
С-4



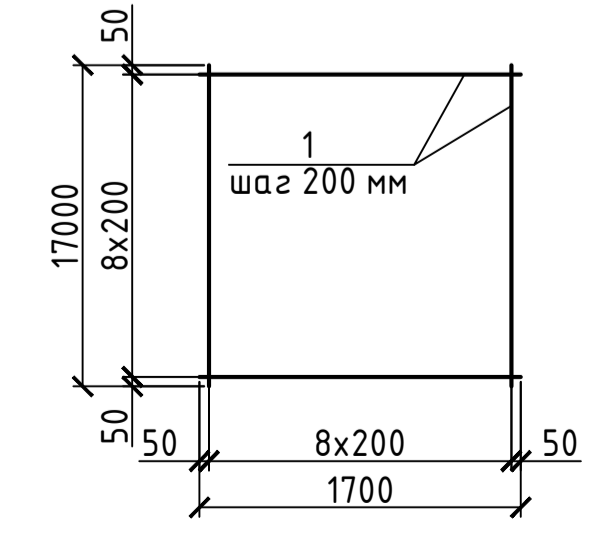
Разрез 2-2



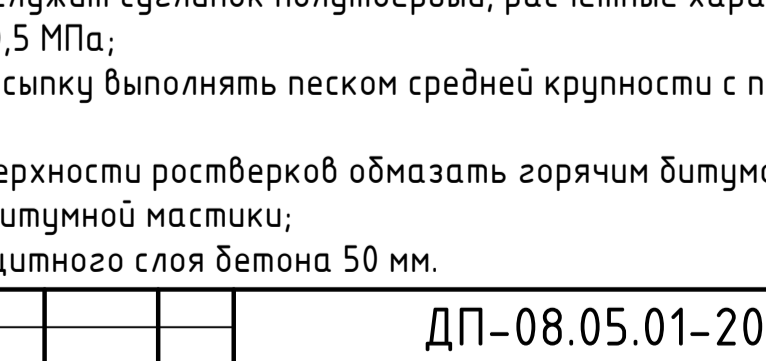
С-2



С-1



С-5



- Примечания:
- Основанием служит суглинок полутвердый, расчетные характеристики:  $\phi=23^\circ$ ,  $C=29,2$  кПа,  $E=20,5$  МПа;
  - Обратную засыпку выполнять песком средней крупности с послойным уплотнением;
  - Боковые поверхности ростверков обмазать горячим битумом на два раза по слою холодной битумной мастики;
  - Толщина защитного слоя бетона 50 мм.

Изм.				ДП-08.05.01-2021 КЖ		
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт						
Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Стация
Разработана	Левченко А.И.					Лист
Консультант	Преснов О.М.					Листов
Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом						Р
Руководитель	Максимов А.В.	Фрагмент схемы расположения фундаментов ФС1, ФС2, Разрез 1-1, Разрез 2-2, С-1, С-2, С-3, С-4, С-5, С-6				КЖУС
Н. контроль	Максимов А.В.					
Заф. каф.	Дворниев С.В.					

Схема производства работ по устройству монолитного перекрытия

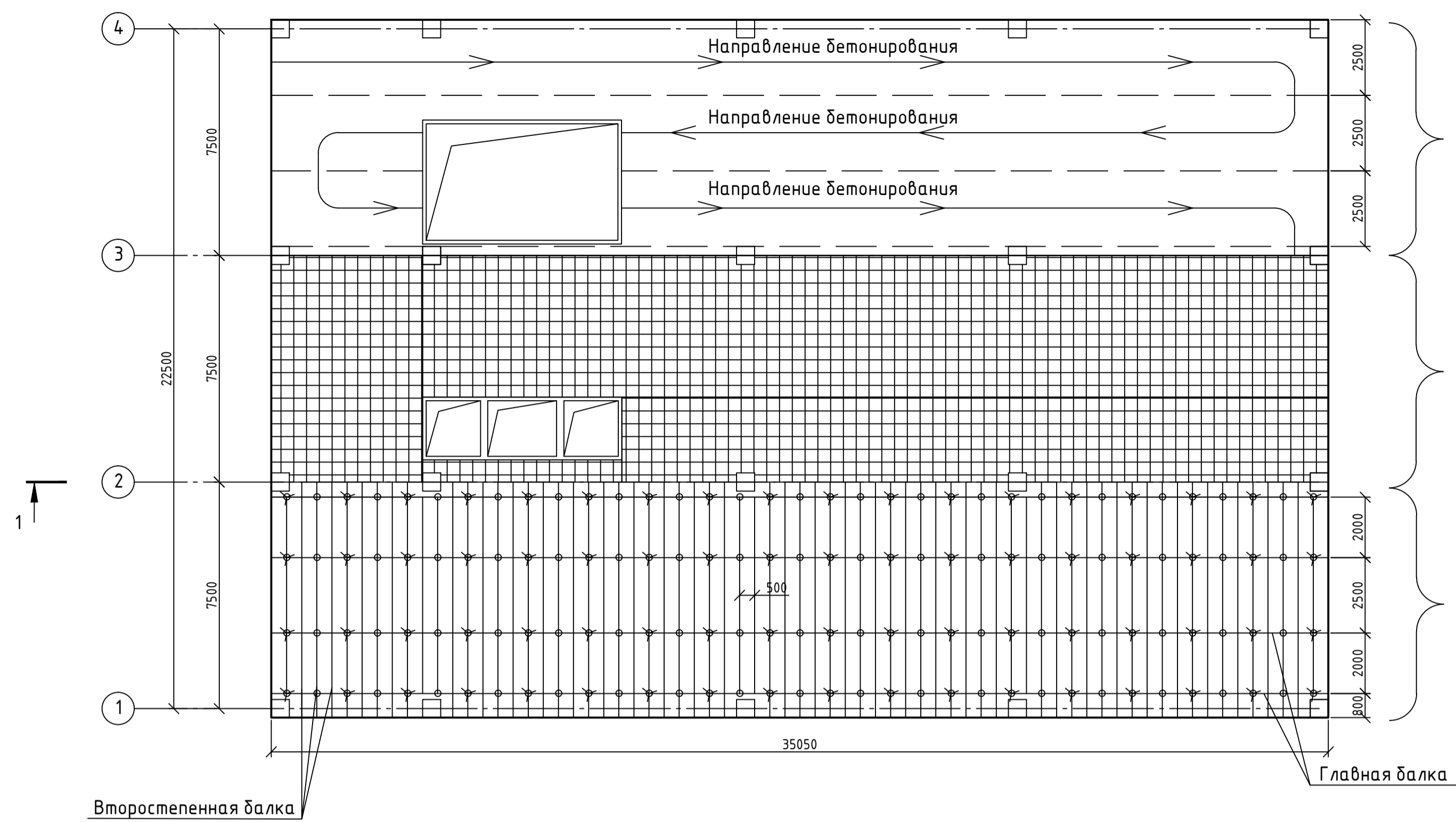
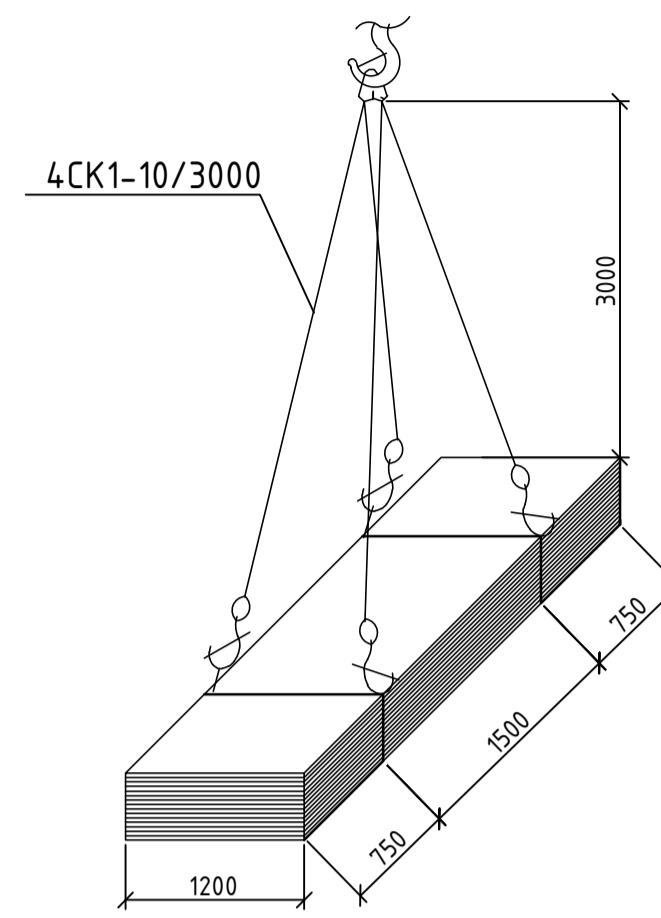


Схема строповки опалубочных щитов



Опалубка перекрытий (Схема расположения элементов)

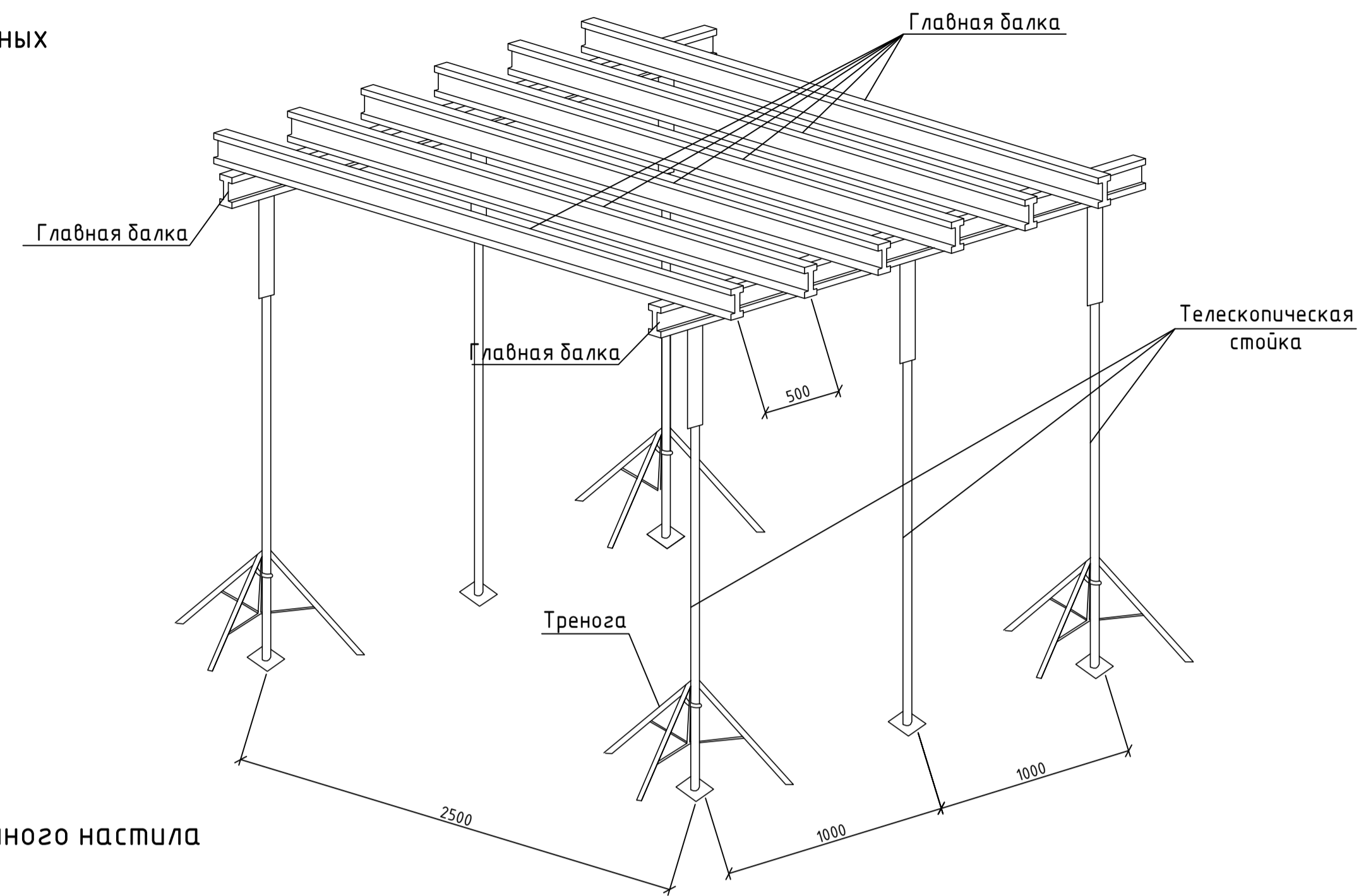


Схема строповки деревянного настила

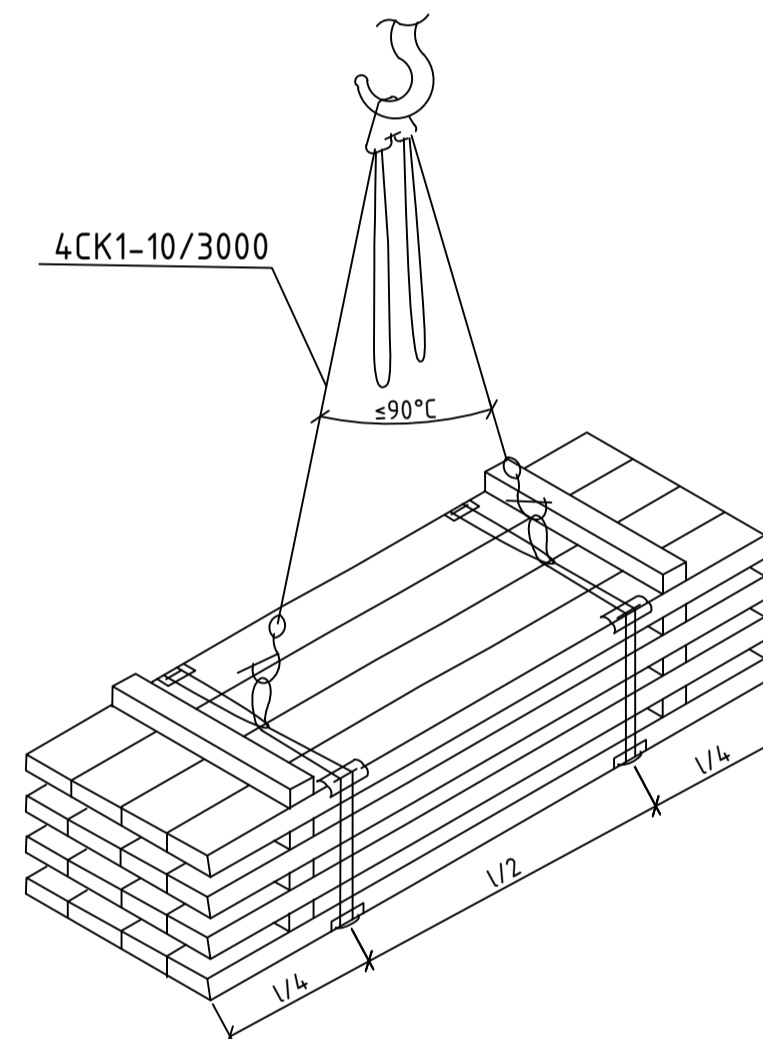


График зависимости грузоподъемности от вылета стрелы для крана ТДК-8.180

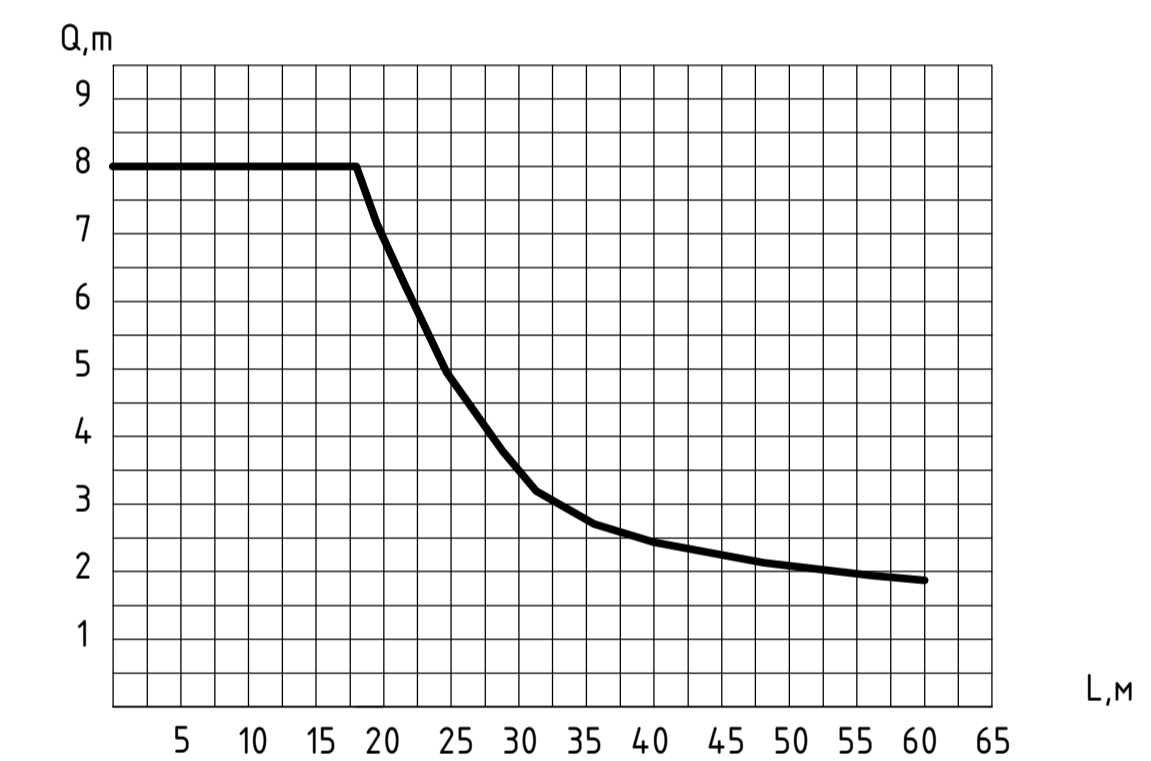


Схема перестановки глубинного вибратора

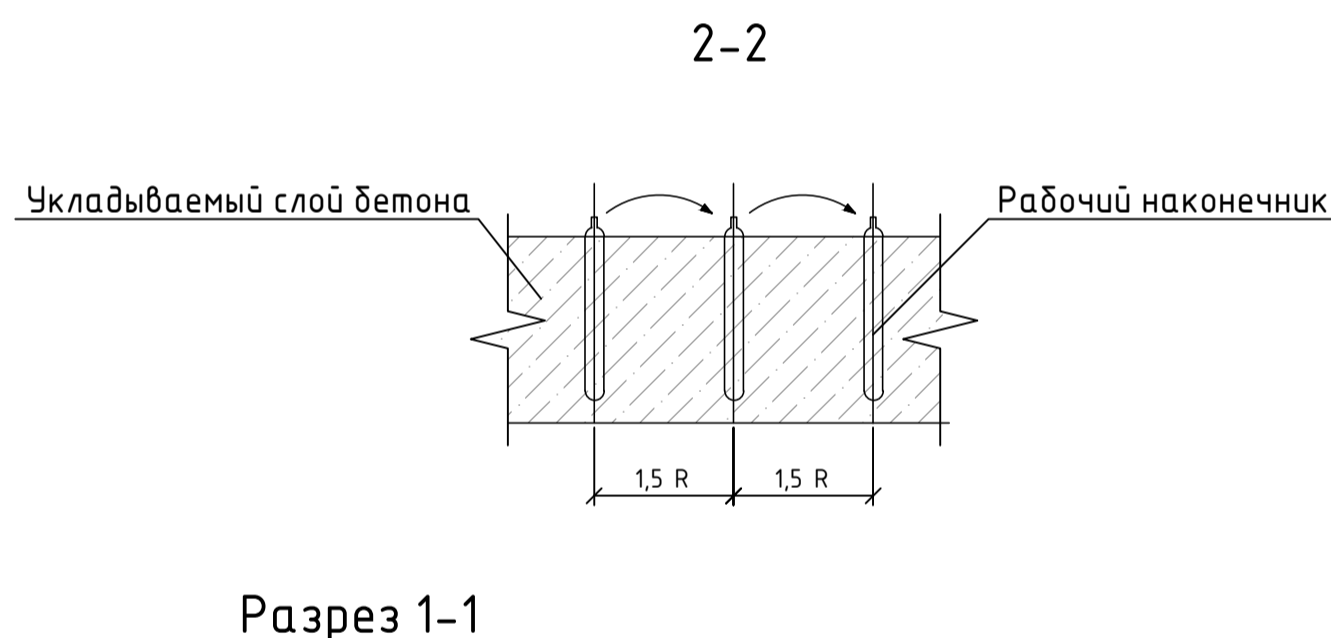
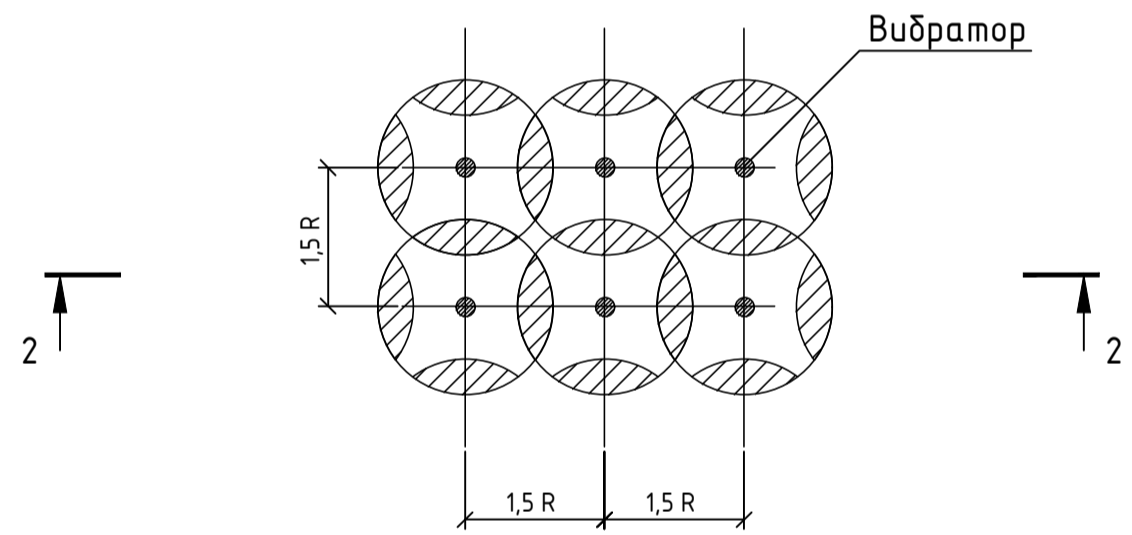
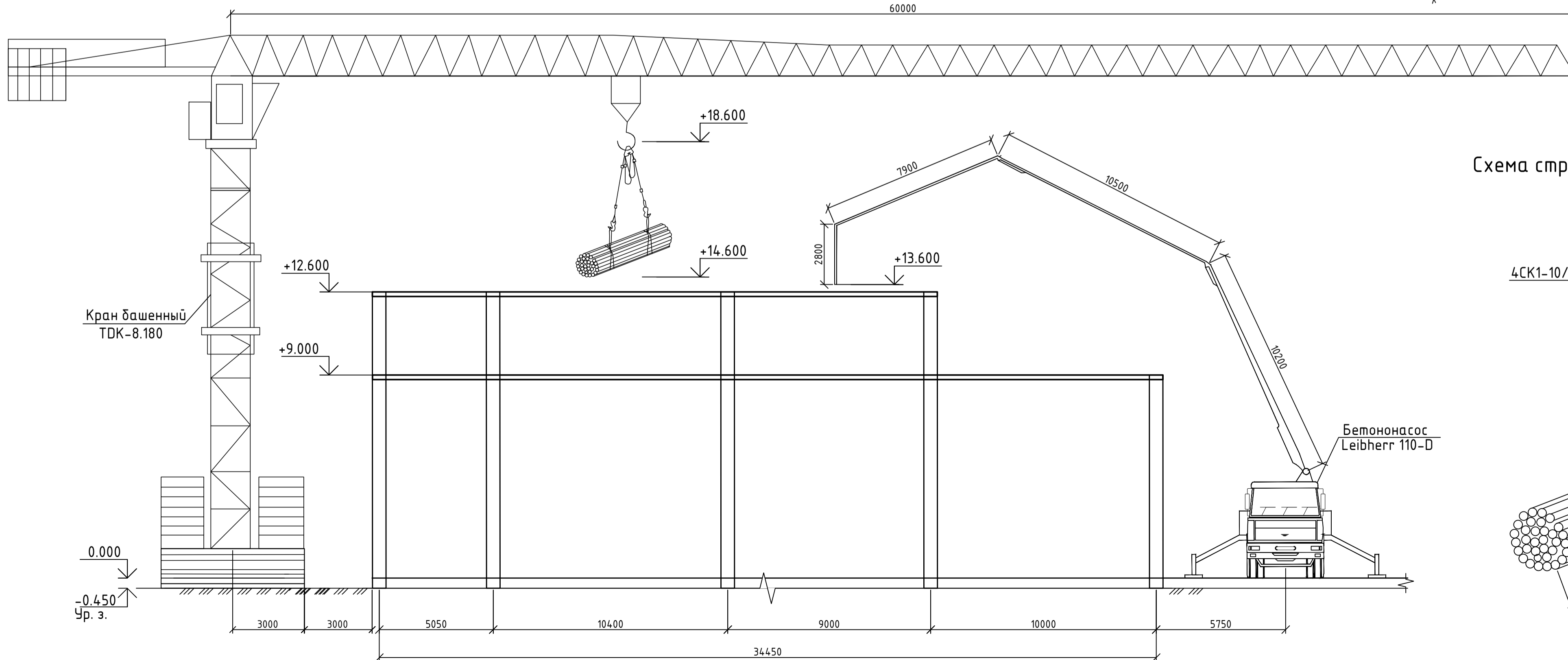
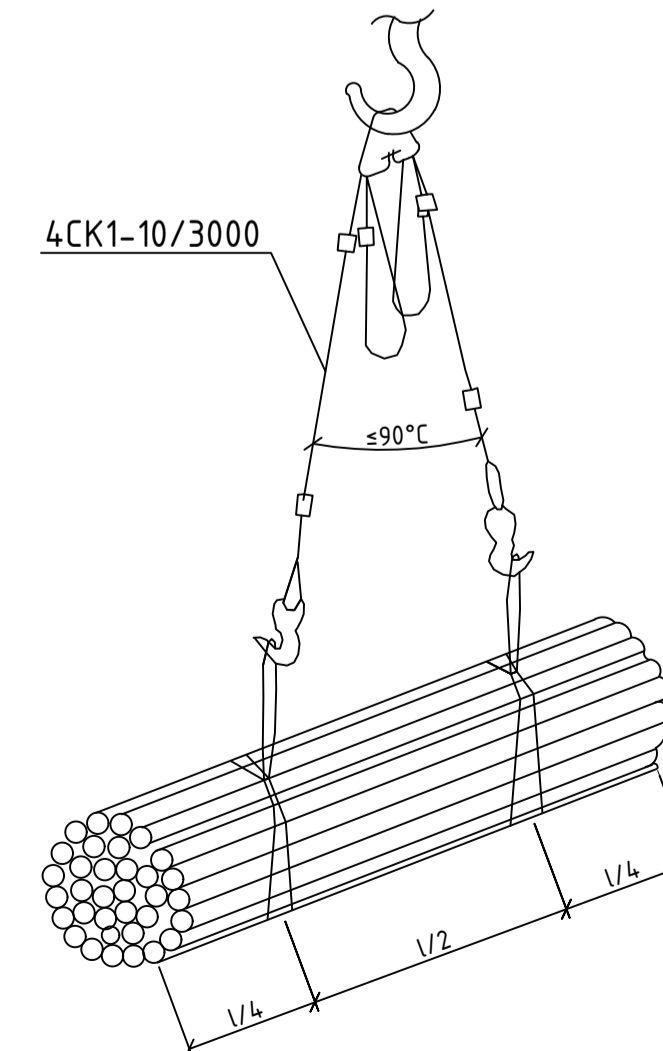


Схема строповки арматурных стержней



Материалы и изделия

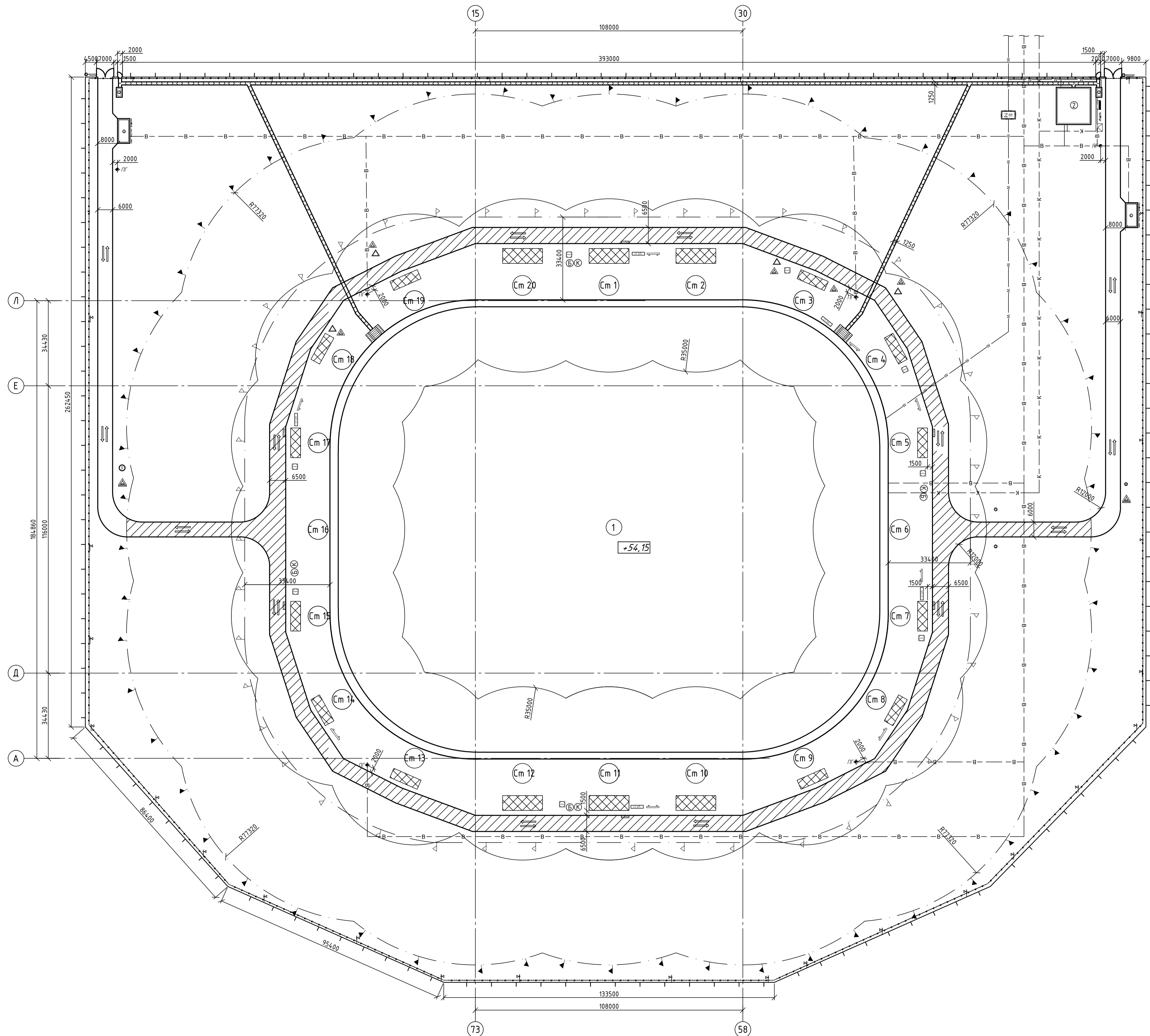
Наименование технологического процесса и его операций	Марка, техническая характеристика, ГОСТ	Единица измерения	Потребность на объем работ
Бетонирование	Бетон класса В25	100 м <sup>3</sup>	40,28
Опалубочные работы	Фанера ламинированная	1 м <sup>2</sup>	20138
Опалубочные работы	Главные инвентарные балки	шт.	3944
Опалубочные работы	Второстепенные балки	шт.	15776
Опалубочные работы	Стойки	шт.	8208
Опалубочные работы	Треноги	шт.	4104
Опалубочные работы	Вилки универсальные	шт.	8208
Армирование конструкций	Арматурные стержни	100 Т.	7,113

Примечание:  
 1. Данный лист читать совместно с листом 12;  
 2. Фундамент условно не показан. Разрез и схему расположения смотреть на листе 10

Изм.				ДП-08.05.01-2021 ТК			
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт							
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Стадия	Лист
Разработана	Левченко А.Н.					Р	11
Консультант	Климиных Н.Ю.						
Руководитель	Максимов А.В.						
Н. контроль	Максимов А.В.						
Заф. каф.	Дворниев С.В.						



Объектный строительный генеральный план на основной период возведения объекта



Условные обозначения

- Контур строящегося здания
- Контур временного здания
- Ворота и калитки
- Линия границы монтажной зоны
- Линия границы опасной зоны
- Временные автомобильные дороги
- Направление движения транспорта
- Временные пешеходные дорожки
- Участок дороги в опасной зоне крана
- Трансформаторная подстанция
- Временное ограждение строительной площадки
- Контрольный груз
- Знак ограничения скорости
- Мусоросборник
- Пожарный гидрант
- Место приема раствора и бетона
- Навес над входом в здание
- Знак предупреждающий о работе крана
- Место хранения грузозахватных приспособлений и тары
- Въездной стэнд со схемой движения транспорта
- Стэнд со схемами строповки и таблицей масс грузов
- Стэнд с противопожарным инвентарем
- Место для первичных средств пожаротушения
- Проекторы для наружного освещения
- Временная воздушная ЛЭП
- Водопровод проектируемый общего назначения
- Канализация проектируемая общего назначения
- Кабель электропередач
- Защитные ограждения
- Предупреждающий знак

Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Объем		Размеры в плане	Тип, марка помещения
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Строящийся объект	шт	1	185x225	Возводимое
2	Типовое общежитие-003	шт	1	14x15	ТУ 5363-001-55189510-2013
3	КПП	шт	2	4x2,4	Сандарт 400240-00
4	Место для мойки колес	шт	2	5x10	-

Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Кол-во
Площадь территории строительной площадки	м2	7154,3
Площадь под постоянными сооружениями	м2	40982
Площадь под временными сооружениями	м2	329,2
Площадь складов	м2	290
Протяженность проездов и проходов	м	1608
Протяженность электросетей	м	8134
Протяженность водопроводных сетей	м	1644
Протяженность ограждения строительной площадки	м	1754

ДП-08.05.01-2021 ОСП

ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет"  
Инженерно-строительный институт

Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Страница	Лист	Листов
Разработана	1	1	1	Левченко А.И.		Р	13	
Консультант	1	1	1	Клишдух Н.Ю.				
Руководитель	1	1	1	Максимов А.В.				
Н. контроль	1	1	1	Максимов А.В.				
Заф. каф.	1	1	1	Дворовцев С.В.				

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK



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

Инженерно-строительный институт  
институт  
Строительных конструкций и управляемых систем  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
С.В. Деордиев  
подпись      инициалы, фамилия  
«    »      2021 г.

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

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

«Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом»  
тема

Пояснительная записка

Руководитель  Доцент каф. СКиУС, к.т.н. А.В.Максимов  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Студент СС15-12 411510840  А.Н.Левченко  
номер группы, зачетной книжки      подпись, дата      инициалы, фамилия

Красноярск 2021

Продолжение титульного листа дипломного проекта по теме \_\_\_\_\_

Определение фундаментов методом со смешанным каркасом

Консультанты по разделам:

Вариантное проектирование

наименование раздела

  
подпись, дата

А.В. Максимов

инициалы, фамилия

Архитектурно-строительный

наименование раздела

  
подпись, дата

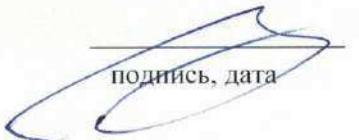
Е.М. Сергуничева

инициалы, фамилия

Расчетно-конструктивный

включая фундаменты

наименование раздела

  
подпись, дата

А.В. Максимов

инициалы, фамилия

  
19.01.21  
подпись, дата

О.М. Преснов

инициалы, фамилия

Организация строительства

наименование раздела

  
09.06.21  
подпись, дата

Н.Ю. Клиндух

инициалы, фамилия

Технология строительного

производства

наименование раздела

  
07.06.21  
подпись, дата

Н.Ю. Клиндух

инициалы, фамилия

Экономика строительства

наименование раздела

  
11.06.21  
подпись, дата

С.А. Зверев

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата


А.В. Максимов

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  
« 18 »    06    , 2021 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

в форме \_\_\_\_\_ дипломного проекта \_\_\_\_\_

Красноярск 2021

Студенту Левинко Ане Николаевне  
фамилия, имя, отчество

Группа СС15-12 Направление (профиль) 08.05.01  
(номер) (код)

«Строительство уникальных зданий сооружений»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Открытый фундамент  
здания со смешанным каркасом

Утверждена приказом по университету № 4474/с от 01.04.2022.

Руководитель ВКР А.В. Максимов, к.т.н. доцент каф. СК и УС ИГиС ФУУ  
инициалы, фамилия должность, ученое звание и место работы

### Исходные данные для ВКР

Характеристика района строительства и строительной площадки

г. Вилья, температура наиболее холодной пятидневки -39°C,  
меловой район II, ветровой район II

### Задания по разделам ВКР в виде проекта

#### Вариантное проектирование (1 лист)

Сравнить 2 варианта конструктивной или  
покрытия

#### Архитектурно-строительный раздел

Технологический расчет ограждающих конструкций, эскизы  
иных помещений 1-го этажа, ПЗ к разделу согласно постановлению  
87 РФ

- графический материал (2 листа) План первого этажа, план кровли,  
разрез, фасад, цоколь, эскизы и др. кровли, спецификация  
рабочими окнами и дверями кровли.

Консультант ВКР Е.И. Веруничева, к.т.н. доцент каф. ПС и ЭИ  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

#### Расчетно-конструктивный раздел, включая фундаменты

Вариантный расчет прообразованных или сооружений,  
произвести подбор элементов, запроектировать узлы ферм,

~~проектировать опорный узел главной фермы с колонной и и.д.~~

- графический материал (чертежи КЖ, КМ, КМД, КД) - 6 листов: схема

расположения конструкций покрытия; вид А конструкции  
покрытия, колонн и перегородки; ферма Ф-1; ферма Ф-2; и и.д.

Консультант ВКР по конструкциям

И.С. Соколов (подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

### Фундаменты

Разработать фундамент под конструкции ферм в вертикальной  
плоскости и выявить варианты вариантов.

- графический материал (1 лист) Схемы и планы расположения  
фундаментов, план фундамента и разрезы, планы  
арматурного каркаса

Консультант ВКР по фундаментам

А.В. Преслов, к.и.н. доц. каф. АИИТС  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

### Технология строительного производства

Разработать ТК на устройство монолитной  
плоской перекрытия

- графический материал (1-2 листа) Схемы производства  
работ; график производства работ и т.д.

Консультант ВКР

Н.Ю. Киндих, к.и.н. доц. каф. АИИТС  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

### Организация строительного производства

Календарный план производства работ.

Объектный СГП на основной период строительства

- графический материал (2 листа) График производства работ;  
СГП; экспликация зр. и сооружений; ТЭП и т.д.

Консультант ВКР

Н.Ю. Киндих, к.и.н. доц. каф. АИИТС  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

### Экономика строительства

СЭО; МСР в ценах кв. год. на устр-во монолитной перекрытия  
(ФЕР2010); анализ по всей технологии; расчет ТЭП

Консультант ВКР

И.И. Сахаров, к.и.н. доц. каф. ПЗ и ЭИ  
(подпись, инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы)

Дополнительные разделы

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Минимальное количество листов графического материала -13-14

**КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК**  
выполнения ВКР

Наименование раздела	Срок выполнения
Вариантное проектирование	31.04 - 14.02
Архитектурно-строительный	15.02 - 07.05
Расчетно-конструктивный, включая фундаменты	08.05 - 18.04
Технология строительного производства	19.04 - 06.05
Организация строительного производства	07.05 - 31.05
Экономика строительства	31.05 - 07.06

Руководитель ВКР

  
А.В. Макшиов  
(подпись)

Задание принял к исполнению

  
А.Н. Лубицкий  
(подпись, инициалы и фамилия студента)

« 31 » апреля 2021 г.

**Отзыв руководителя  
на выпускную квалификационную работа**

Тема «Открытый футбольный стадион со смешанным каркасом»

Автор (ФИО) Левченко Алла Николаевна

Институт Инженерно-строительный

Выпускающая кафедра СКиУС

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Руководитель к.т.н., доцент кафедры СКиУС, ИСИ СФУ Максимов А.В.

(степень, звание, должность, место работы, Ф.И.О.)

Актуальность темы ВКР в виде дипломного проекта Объективной является проблема недостаточной обеспеченности населения спортивными объектами. С учетом ежегодного роста систематически проводимых массовых мероприятий, популяризацией здорового образа жизни, доля обеспеченности субъектов РФ спортивными объектами недостаточна и требует развития.

Логическая последовательность структуры работы

1 Вариантное проектирование

2 Архитектурно-строительный раздел

3 Расчетно-конструктивный раздел в т.ч. проектирование фундаментов

4 Раздел «Технология строительного производства»

5 Раздел «Организация строительного производства»

6 Раздел «Экономика строительства»

Аргументированность и конкретность выводов и предложений Все решения, предложенные в работе, подкреплены расчетами. Выводы и предложения аргументированы, логически последовательны

Уровень самостоятельности и ответственности при работе над темой ВКР

Работа Левченко А.Н. является самостоятельной, целостной. Алла Николаевна в ходе написания выпускной квалификационной работы показала достаточный уровень знаний и практических навыков, самостоятельность, инициативность в принятии решений.

Достоинства работы Тема выпускной квалификационной работы в целом раскрыта полностью и соответствует предъявленным требованиям

Недостатки работы Замечаний, снижающих оценку, не отмечено

В целом работа оценена на отлично, а её автор (выпускник) \_\_\_\_\_

Левченко Алла Николаевна заслуживает присвоения ей (ему) квалификации инженер-строитель по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Руководитель ВКР

  
\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_ А.В. Максимов

(инициалы, фамилия)

## РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу студента(ки) отделения ПГС  
ИСИ СФУ

Левченко Алла Николаевна

(Ф.И.О. полностью)

специальность 08.05.01

Тема: Открытый футбольный стадион со смешанным  
каркасом

Проанализировав материалы дипломного проекта (работы) отмечается:

1. Актуальность темы: в России имеется повышенный интерес к спорту  
высоких достижений. В последнее время проводятся различные крупные  
футбольные мероприятия, при этом многие спортивные объекты требуют  
ремонта, реконструкции или не подходят по своим техническим  
характеристикам для проведения международных соревнований.

2. Качество оформления пояснительной записки: оформлена в соответствии с  
СТО 4.2-07-2014 «Система менеджмента качества. Общие требования к  
построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности».

графического материала: оформлен в соответствии с ГОСТ Р 21.1101-2013  
«Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные  
требования к проектной и рабочей документации».

3. Общая характеристика проекта (работы)

При разработке проекта выполнен следующий объем работы:

3.1. В разделе вариантное проектирование рассмотрены два варианта  
конструктивных схем конструкций покрытия;

3.2. В архитектурном разделе выполнены разрез, фасад стадиона, узлы,  
экспликация помещений, спецификация заполнения элементов оконных и  
дверных проемов. Представлен теплотехнический расчет ограждающих  
конструкций.

3.3. В расчетно-конструктивном разделе выполнен статический расчет пространственной схемы сооружения. Произведен расчет и конструирование основных элементов конструкций покрытия.

3.4. Рассмотрены два варианта фундаментов под колонны: столбчатый и свайный. Принят и запроектирован по технико-экономическим показателям свайный фундамент.

3.5. Разработана технологическая карта на устройство монолитного перекрытия. Подобран башенный кран.

3.6. Составлен календарный план на основной период строительства. Подобран монтажный кран для возведения конструкции покрытия. Разработан объектный строительный генеральный план на период возведения надземной части здания.

3.7. Составлен локальный сметный расчет на устройство монолитного перекрытия. Представлено социально-экономическое обоснование строительства объекта. Рассчитаны технико-экономические показатели.

4. Практическая ценность (внедрение, использование в организации и т.д.)  
Развитие малых городов России; Стимуляция рынка туризма в регионе; Популяризация спорта и спортивного образа жизни; Создание прочной базы для подготовки молодого поколения спортсменов высокого класса и т.д.

5. Положительные стороны проекта:

Дипломный проект выполнен на высоком профессиональном уровне, включает в себя все основные разделы, необходимые для возведения реального объекта строительства, что характеризует его автора Левченко Аллу Николаевну как состоявшегося инженера.

6. Замечания по проекту (работе):

В дипломном проекте, на мой взгляд, недостаточно подробно проработана технология монтажа большепролетных ферм покрытия. Учитывая



уникальность запроектированного здания, монтаж его покрытия  
представляет собой довольно сложную инженерную задачу.

7. В целом, несмотря на указанные недостатки, дипломный проект (работа) оценивается на отлично, а ее автор Левченко Алла Николаевна заслуживает присвоения квалификации инженера-строителя

Рецензент (должность, место работы, Ф.И.О.)

Главный инженер ООО «Линия», канд.техн.наук В.И. Хороший

«17» июня 2021 г.



(ПОДПИСЬ)

# Отчет о проверке на заимствования №1



**Автор:** Левченко Алла Николаевна  
**Проверяющий:** Левченко Алла Николаевна  
**Организация:** Сибирский федеральный университет

Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://sfukras.antiplagiat.ru>

## ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 138158  
 Начало загрузки: 14.06.2021 13:19:32  
 Длительность загрузки: 00:01:59  
 Имя исходного файла:  
 diplom\_levchenko\_pz\_0.docx  
 Название документа: Открытый  
 футбольный стадион со смешанным  
 каркасом  
 Размер текста: 1 кБ  
 Тип документа: Выпускная  
 квалификационная работа  
 Символов в тексте: 126936  
 Слов в тексте: 13635  
 Число предложений: 998

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)  
 Начало проверки: 14.06.2021 13:21:31  
 Длительность проверки: 00:00:38  
 Комментарии: не указано  
 Поиск с учетом редактирования: да  
 Модули поиска: ИПС Адилет, Библиография, Сводная коллекция ЭБС, Интернет  
 Плюс, Сводная коллекция РГБ, Цитирование, Переводные заимствования (RuEn),  
 Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu), Переводные заимствования  
 по Интернету (EnRu), Переводные заимствования издательства Wiley (RuEn),  
 eLIBRARY.RU, СПС ГАРАНТ, Медицина, Диссертации НББ, Перефразирования по  
 eLIBRARY.RU, Перефразирования по Интернету, Патенты СССР, РФ, СНГ, СММ  
 России и СНГ, Модуль поиска "СФУ", Шаблонные фразы, Кольцо вузов,  
 Издательство Wiley, Переводные заимствования



### ЗАИМСТВОВАНИЯ

13,17%

### САМОЦИТИРОВАНИЯ

0%

### ЦИТИРОВАНИЯ

11,41%

### ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

75,42%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.  
 Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.  
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.  
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.  
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.  
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.  
 Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.  
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте	Комментарии
[01]	4,66%	4,66%	не указано	раньше 2011	Библиография	1	1	
[02]	0,31%	4,45%	Одноэтажный жилой дом в коттеджном поселке Синегорье, Емельяновского р-на, Красноярского края. <a href="https://core.ac.uk">https://core.ac.uk</a>	31 Мар 2021	Интернет Плюс	9	52	
[03]	0,12%	3,9%	ВКР_Васильева_МС.pdf	12 Июн 2020	Кольцо вузов	2	28	
[04]	0,07%	3,7%	ВКР_Сулацкий_КО.pdf	13 Июн 2020	Кольцо вузов	1	26	
[05]	0,16%	3,66%	НикитинаГ_Нормоконтроль 01.06.pdf	02 Июн 2020	Кольцо вузов	2	25	
[06]	0,09%	3,59%	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/145189799.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/145189799.pdf</a> <a href="https://core.ac.uk">https://core.ac.uk</a>	19 Янв 2020	Интернет Плюс	2	41	
[07]	0%	3,59%	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/145189799.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/145189799.pdf</a> <a href="https://core.ac.uk">https://core.ac.uk</a>	25 Июн 2020	Интернет Плюс	0	41	
[08]	0,09%	3,13%	ВКР Черных.pdf	03 Июн 2020	Кольцо вузов	1	24	
[09]	0,09%	3,08%	- PDF <a href="https://docplayer.ru">https://docplayer.ru</a>	29 Янв 2019	Интернет Плюс	2	28	
[10]	1,72%	2,96%	ЗАКЛЮЧЕНИЕ <a href="http://mylektsii.ru">http://mylektsii.ru</a>	29 Янв 2017	Перефразирования по Интернету	9	13	
[11]	0,3%	2,7%	ВКР_Чакин_ЕЮ.pdf	12 Июн 2020	Кольцо вузов	2	22	
[12]	0,34%	2,59%	Ласкина Н.В. Комментарий к Федеральному закону от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (постатейный). - Специально для системы ГАРАНТ, 2013 г. <a href="http://ivo.garant.ru">http://ivo.garant.ru</a>	28 Фев 2018	СПС ГАРАНТ	4	23	