

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

выпускной квалификационной работы:

Производственный корпус машиностроительного завода в г. Омске

(тема)

ОБУЧАЮЩИЙСЯ \_\_\_\_\_  
(подпись)

Кислер Е.Д.  
(фамилия, имя, отчество)

допущен к защите в государственной экзаменационной комиссии «\_02\_» \_07\_\_ 2020  
г.

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент \_\_\_\_\_ Музыченко Л.Н.  
(уч. степень, звание) (подпись) (фамилия, имя, отчество)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Семин А.П.  
(уч. степень, звание) (подпись) (фамилия, имя, отчество)

Директор института \_\_\_\_\_ АСИ \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент. \_\_\_\_\_ Алешина Е.А.  
(наименование института) (уч. степень, звание) (подпись) (фамилия, имя, отчество)

Новокузнецк  
2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»  
Кафедра инженерных конструкций, строительных технологий и материалов

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Семин А.П.  
(подпись) (ФИО)  
«16» \_\_\_\_\_ апреля \_\_\_\_\_ 2020г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выпускную квалификационную работу**  
обучающегося \_\_\_\_\_ Кислер Екатерины Дмитриевны \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)  
группы \_\_\_\_\_ СПК-16 \_\_\_\_\_

Тема работы: Производственный корпус машиностроительного завода в г. Омске

Утверждена приказом от \_\_\_\_\_ 16.04.2020 \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ №389-об \_\_\_\_\_  
Характер работы проектно- конструкторский

(прикладное научное исследование, экспериментальная разработка, аналитическая работа, ОКР)

Срок сдачи обучающимся законченной работы «\_02\_» \_\_\_\_\_ 07 \_\_\_\_ 2020г.

Исходные условия и данные к работе \_\_\_\_\_

Район строительства – г. Омск; нормативная снеговая нагрузка 1,5 кН/ м<sup>2</sup>;  
нормативная ветровая нагрузка 0,30 Па; глубина промерзания грунта 2,2 м;  
сейсмичность 6 баллов; расчетная температура наиболее холодной пятидневки -38 °С  
; здание оборудовано мостовыми кранами грузоподъемностью 500 кН, режим работы  
5К;

Цель, задачи работы \_\_\_\_\_

Цель: запроектировать производственный корпус машиностроительного завода в г.  
Омске

Задачи: разработать объемно-планировочное и архитектурно-конструктивное  
решение здания; выполнить расчет и конструирование колонны и фундамента;  
разработать сетевой график и стройгенплан; разработать систему мероприятий по  
обеспечению безопасности труда на строительной площадке.

Содержание работы \_\_\_\_\_

1.Архитектурно-строительный раздел (описание объекта строительства, объемно планировочного решения здания, конструктивных элементов, теплотехнический расчет)

2.Расчетно-конструктивный раздел (компоновка рамы, сбор нагрузок, конструктивный расчет колонны, фермы, подкрановой балки, фундамента под колонну) \_\_\_\_\_

3.Организационно-технологический раздел (составление ведомости объема работ; карточки определителя работ сетевого графика, описания производства основных видов строительного-монтажных работ); \_\_\_\_\_

4.Экономический раздел (разработка локальной, объектной смет, сводного сметного расчета; определение заработной платы ресурсным методом) \_\_\_\_\_

5.Безопасность и экологичность (безопасность проекта; анализ условий труда; мероприятия по безопасности; пожарная безопасность) \_\_\_\_\_

Предполагаемое использование результатов: материалы выпускной  
квалификационной работы предполагается использовать при выполнении курсовых  
проектов по профильным дисциплинам.

Перечень графического материала:

Лист 1 – Фасад в осях 1-10. План цеха ремонта технологического оборудования на  
отм. 0,000 м

Лист 2 – Схема связей по верхним, нижним поясам ферм; схема вертикальных связей.

Лист 3 – Разред 1-1; узлы

Лист 4 – Подкрановая балка ПБ 1

Лист 5 – Колонна К1

Лист 6 – Ферма Ф1

Лист 7 – Фундамен ФМ1

Лист 8 – Сетевой график; график движения рабочих

Лист 9 – Стройген план

Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов работы

Архитектурно-строительный раздел \_\_\_\_\_Музыченко Л.Н.

Расчетно-конструктивный раздел \_\_\_\_\_Музыченко Л.Н.

Организационный раздел \_\_\_\_\_Музыченко Л.Н.

Экономический раздел \_\_\_\_\_Музыченко Л.Н.

Безопасность и экологичность \_\_\_\_\_Музыченко Л.Н.

Нормоконтроль \_\_\_\_\_Музыченко Л.Н.

---

Руководитель \_\_\_\_\_ \_ Музыченко Л.Н.  
(подпись)

Задание к исполнению принял \_\_\_\_\_ « 16 » \_\_\_\_\_ 04 \_\_\_\_\_ 2020г.



## Аннотация

Кислер Е.Д. «Производственный корпус машиностроительного завода в г. Омске»: выпускная квалификационная работа по направлению подготовки «Строительство» (08.03.01) профиль «Промышленное и гражданское строительство» (Исследование и проектирование зданий и сооружений). – Новокузнецк, 2020.- 228с., табл.61, ил.60 , источников 30, чертежей 9, презентация в качестве материала по профильным дисциплинам 1.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы целью разработки являлось конструктивное решение производственного корпуса машиностроительного завода в г. Омске. Работа выполнена на основе расчетов архитектурно-конструктивных вариантов, выбора методов проведения строительно-монтажных работ с целью сокращения сроков работ.

Данная выпускная квалификационная работа может быть использована в качестве материала для проектирования.

Исполнитель

\_\_\_\_\_

(подпись)

Кислер Е.Д.

## Abstract

Kisler E/. "Production shop of the car repair plant in Omsk": final qualification work in the direction of training "Construction" (08.03.01) profile "industrial and civil construction" (research and design of buildings and structures).- Novokuznetsk, 2020.- 228 p., table. 61, ill. 60, sources 30 , appendices 9, drawings 9, presentation as material for core disciplines 1.

In the process of completing the final qualification work, the purpose of the development was a constructive solution for the production Department of the car repair plant in Kemerovo. The work was performed on the basis of architectural and structural calculations of options, selection of methods for construction and installation works in order to reduce the time of work.

The executor

\_\_\_\_\_

(signature)

Kisler E.D/.

## Содержание

Введение .....	11
1 Архитектурно-строительный раздел.....	12
1.1 Описание объемно- планировочного решения и конструктивного решения здания.....	12
1.1.1 Колонны.....	14
1.1.2 Кровля и ферма.....	18
1.1.3 Фундамент .....	19
1.1.4 Подкрановая балка .....	19
1.1.5 Двери, ворота.....	20
1.1.6 Окна.....	21
1.1.7 Пол .....	22
1.1.8 Крановое оборудование .....	23
1.1.9 Стены .....	23
1.1.10 Теплотехнический расчет стенового ограждения .....	24
1.2 Описание технологического процесса .....	26
1.3 Описание исходных данных района строительства .....	26
2 Расчетно-конструктивный раздел .....	29
2.1 Исходные данные .....	29
2.1 Компоновка каркаса.....	29
2.2. Нагрузки от собственного веса конструкций здания .....	30
2.2.1 Погонная нагрузка на ригель рамы: .....	32
2.2.2 Снеговая нагрузка .....	32
2.2.3 Ветровая нагрузка .....	33
2.2.4 Крановая нагрузка .....	37
2.3 Статический расчет в программе RAMA_F.....	40
2.4. Расчет стропильной фермы .....	42
2.4.1 Выбор геометрической схемы фермы .....	42
2.4.2 Подбор сечения стержней.....	46
2.4.3 Расчет узлов фермы.....	51
2.4.3.1 Расчет верхнего опорного узла (узел 1) .....	53
2.4.3.2 Расчет нижнего опорного узла (узел 2).....	55
2.4.3.3 Расчет верхних промежуточных узлов (узел 3).....	61
2.4.3.4 Расчет нижних промежуточных узлов (узел 4) .....	64
2.4.3.5 Расчет верхнего промежуточного узла (узел 5).....	68
2.4.3.6 Стыки отправочных марок (узел 5). .....	71
2.5. Расчет ступенчатой колонны промышленного здания .....	74
2.5.1 Расчет верхней части колонны .....	77
2.5.1.1 Подбор сечения верхней части колонны.....	77
2.5.1.2 Определение геометрических характеристик .....	77
2.5.1.3 Определение местной устойчивости поясов.....	78
2.5.1.4 Проверка местной устойчивости стенки.....	79
2.5.1.5 Проверка общей устойчивости из плоскости действия момента .....	80



2.5.1.6 Проверка общей устойчивости в плоскости действия момента .....	82
2.5.2 Расчет нижней части колонны.....	83
2.5.2.1 Компоновка сечения нижней части колонны .....	83
2.5.2.2 Определение геометрических характеристик принятого сечения.....	84
2.5.2.3 Проверка устойчивости ветвей колонны .....	86
2.5.2.4 Расчет соединительной решетки .....	89
2.5.2.5 Расчет базы колонны.....	91
2.5.2.6 Рассчитываем траверсу базы. ....	94
2.5.2.7 Расчет анкерных болтов.....	98
2.5.2.8 Проверка устойчивости нижней части колонны как единого стержня в плоскости рамы.....	99
2.5.2.9 Расчет и конструирование узла сопряжения верхней части колонны с нижней .....	101
2.6 Расчет подкрановой балки.....	106
2.6.1 Определение расчетных нагрузок от колес крана .....	106
2.6.2 Определение расчетных усилий .....	107
2.6.2.1 Определение положения равнодействующей силы.....	107
2.6.2.2 Определение критического груза. ....	107
2.6.2.3 Проверка правильности расстановки колес на балке.....	108
2.6.2.4 Определение наибольшего изгибающего момента и соответствующей продольной силы.....	108
2.6.2.5 Определение максимальной поперечной силы.....	110
2.6.3 Подбор сечения подкрановой балки .....	113
2.6.3.1 Определение высоты подкрановой балки.....	113
2.6.3.2 Определение размеров поясов.....	114
2.6.3.3 Выбор размеров элементов тормозной балки.....	116
2.6.3.4 Определение геометрических характеристик подкрановых конструкций .....	116
2.6.3.5 Проверка прочности подкрановой балки.....	119
2.6.3.6 Соединение поясов со стенкой.....	123
2.6.3.7 Проверка общей устойчивости.....	125
2.6.3.8 Проверка местной устойчивости.....	125
2.6.3.9 Расчет опорной части ПБ.....	132
2.7 Расчет фундамента .....	135
2.7.1 Определение глубины заложения подошвы фундамента .....	137
2.7.2 Определение размеров подошвы фундамента при одновременном действии момента, нормальных и поперечных сил .....	138
2.7.3 Расчет осадок фундаментов методом послойного элементарного суммирования.....	142
2.7.4 Расчет затухания осадки фундамента во времени.....	145
2.7.5 Конструирование фундамента.....	146
2.7.6 Проверка первой ступени по поперечной силе .....	149
2.7.7 Расчет фундамента на изгиб .....	150
2.7.8 Расчет подколонника и его стаканной части .....	156
2.7.8.1 Расчет продольной арматуры .....	156

3 Организационно-технологический раздел.....	158
3.1 Ведомость объемов работ .....	158
3.2 Ведомость трудоемкости .....	161
3.3 Карточка-определитель работ сетевого графика.....	161
3.4 Расчет площадей строительных складов .....	162
3.5 Расчет потребности строительства в воде .....	163
3.6 Расчет электроснабжения строительной площадки .....	165
3.7 Расчет количества работающих на строительной площадке .....	167
3.8 Расчет временных зданий и сооружений .....	168
4 Экономический раздел.....	170
4.1 Локальная смета на общестроительные работы .....	170
4.2 Объектная смета .....	171
4.3 Сводный сметный расчет стоимости строительства .....	171
4.4 Определение заработной платы ресурсным методом .....	171
5 Безопасность и экологичность .....	172
5.1 Безопасность проекта.....	172
5.1.1 Анализ условий труда на объекте проектирования.....	172
5.1.2 Мероприятия по безопасности труда .....	176
5.1.3 Мероприятия по производственной санитарии .....	179
5.1.4 Пожарная безопасность .....	180
5.2 Экологичность проекта.....	184
Заключение .....	187
Список использованной литературы .....	188
Приложение А .....	191
Приложение Б.....	193
Приложение В .....	195
Приложение Г .....	203
Приложение Д .....	206
Приложение Е .....	207
Приложение Ж .....	219
Приложение И.....	221
Приложение К.....	223

## **Введение**

Машиностроение является одной из ведущих отраслей народного хозяйства и характеризуется широкой номенклатурой изделий и их значительными габаритами. Проектируемый машиностроительный завод специализируется на производстве двигателей и запасных частей к ним. В составе завода - основные производственные цеха, вспомогательные цеха, склады, энергетические установки и различные объекты общезаводского назначения.

Исходные материалы на склады завода поступают железнодорожным транспортом, а готовая продукция отгружается из цехов автомобильным и железнодорожным транспортом. Внутри цеховые и межцеховые перевозки осуществляются специализированным транспортом.

В данной выпускной квалификационной работе выполнены рабочие чертежи основных несущих конструкций производственный корпус машиностроительного завода, а также разработан сетевой график на период возведения здания.

# 1 Архитектурно-строительный раздел

## 1.1 Описание объемно- планировочного решения и конструктивного решения здания

Проектируемое производственное здание каркасного типа. Основные элементы каркаса- металлические. Покрытие состоит из: утеплителя (пенопласт), защитного слоя, связей по покрытию, прогонам, стального профнастила. Стеновые ограждения из трехслойных металлических навесных стеновых панелей.

Высота здания цеха 22.950 мм (с учетом парапета 0,600 мм), отметка кранового рельса 15.400 мм, количество кранов -2, грузоподъемность 50 т. Размеры здания в плане 36000 x 108000 мм, температурный шов не предусмотрен [4» п. 15 табл. 44]. Привязка колонн к поперечным осям 250 мм, к продольным 500мм. Шаг колонн в продольном направлении 12000мм. Пролет в здании один- 36000мм. Шаг фахверковых колонн 6000мм. План на отметке 0.000 и поперечный разрез здания представлены на рисунках 1-2.

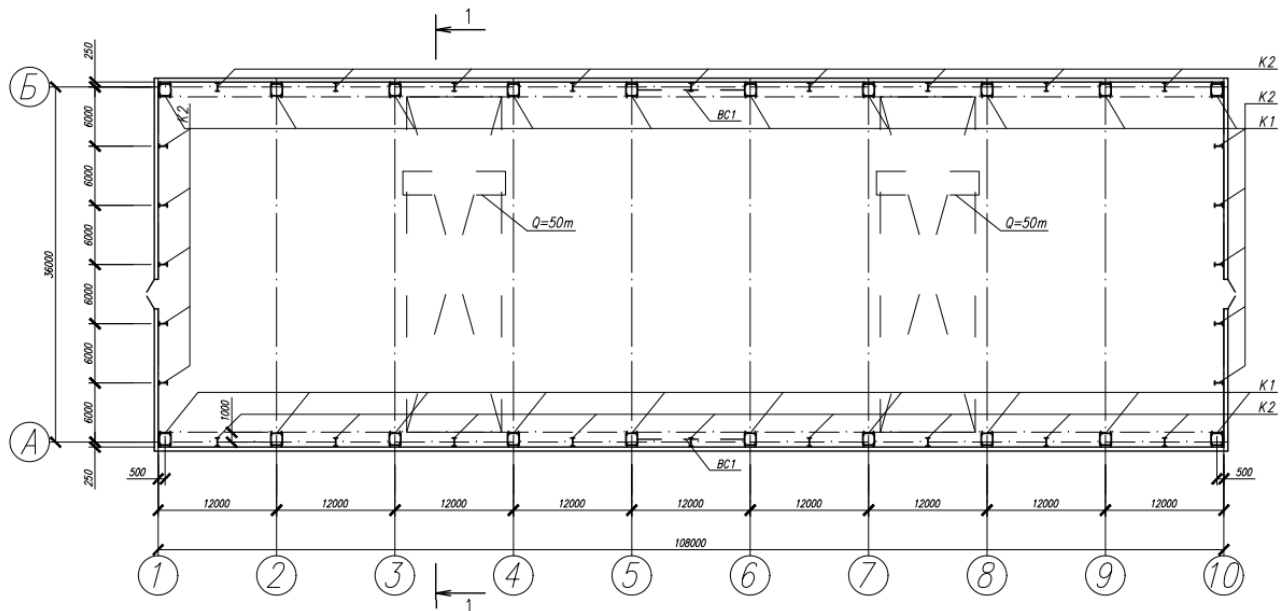


Рисунок 1- План здания на отметке 0,000

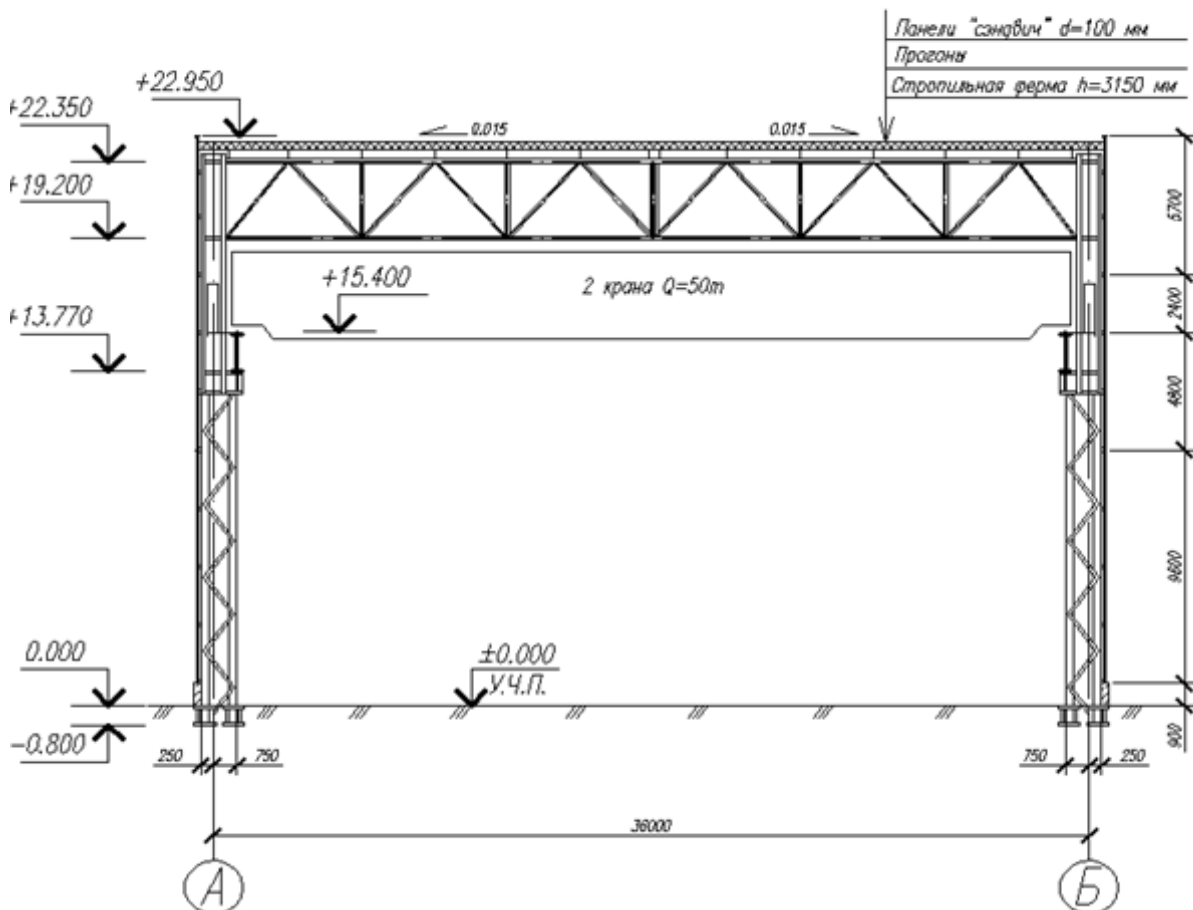


Рисунок 2- Поперечный разрез здания

Вертикальные связи между основными колоннами ниже уровня балок крановых путей следует располагать в середине или около середины температурного блока; верхние вертикальные связи целесообразно располагать по торцам здания.

В уровне нижних поясов стропильных ферм с восходящими раскосами, опирающимися на колонны нижними поясами, следует предусматривать поперечные горизонтальные связи в каждом пролете здания у торцов.

В зданиях со стальным каркасом, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью 10 т и более, и в зданиях с подстропильными фермами следует предусматривать продольные связи, располагаемые по крайним панелям нижних поясов стропильных ферм и образующие совместно с поперечными связями жесткий контур в плоскости нижних поясов ферм.

В однопролетных зданиях такого типа продольные связи по нижним поясам следует назначать вдоль обоих рядов колонн. [4 п. 15.4]. Продольный разрез здания представлен на рисунке 3.

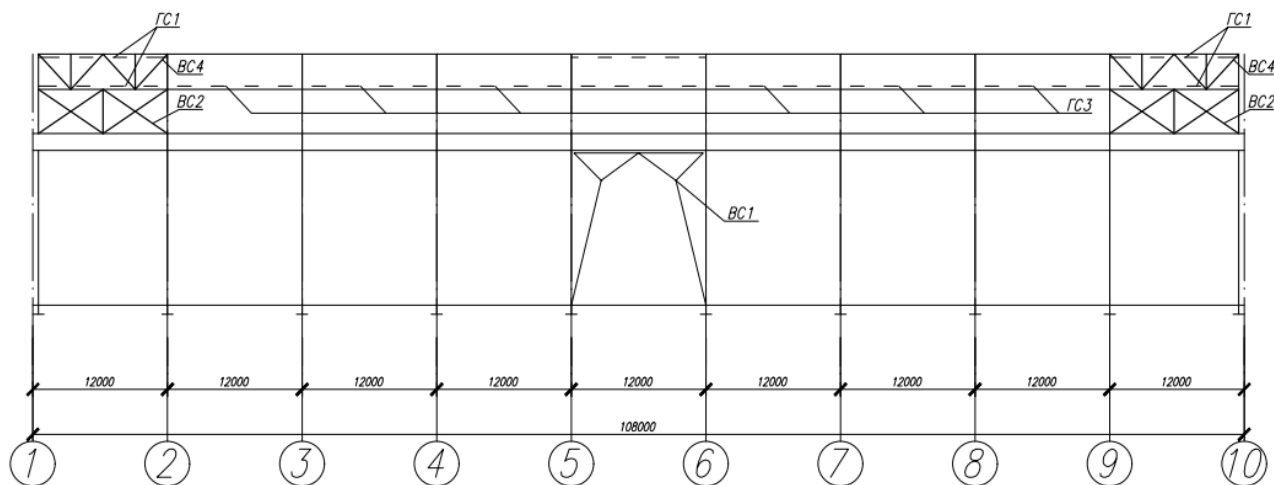


Рисунок-3 Продольный разрез здания

### 1.1.1 Колонны

Привязка колонн в продольном направлении равна 500 мм, в поперечном направлении 250 мм. Привязка колонн крайнего ряда представлена на рисунке 4.

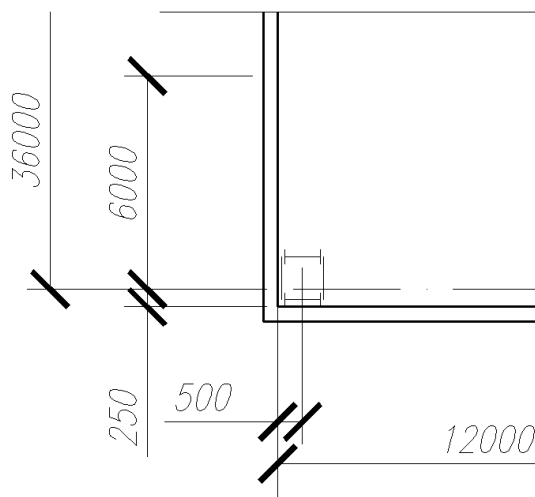


Рисунок 4- Привязка колонн крайнего ряда

Колонна крайняя двухветвевая, высота надкрановой части 5,43м, подкрановой части 14,57м (с учетом базы колонны). Здание длиной 108м в плане, температурных и деформационных швов не предусмотрено. Схема колонны крайнего ряда представлена на рисунке 5.

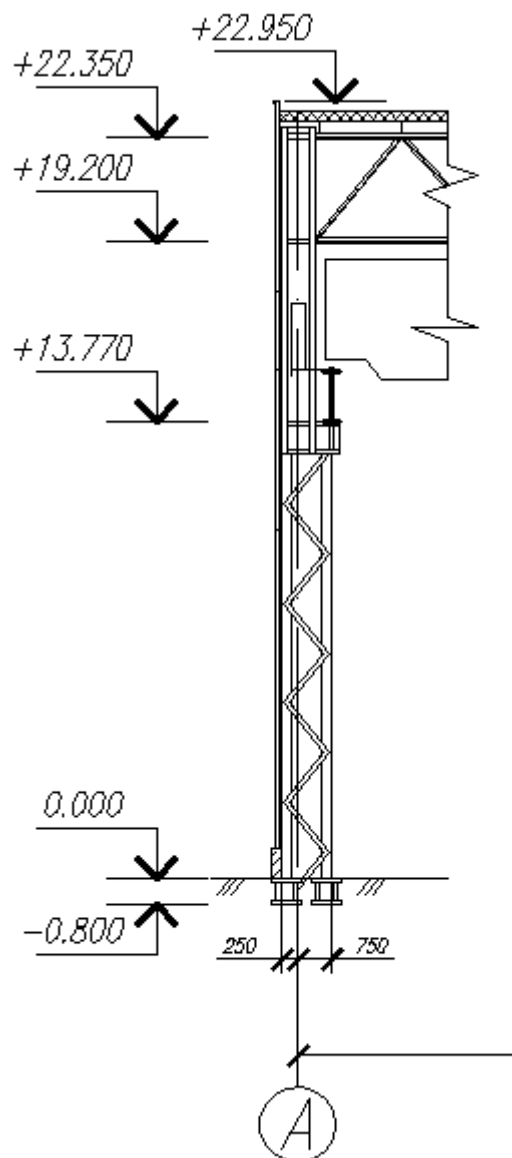


Рисунок 5- Крайняя колонна

Так как пролет в здании один, то все колонны крайнего ряда. Колонны состоят из двух частей: верхней сплошной и нижней сквозной. Расчетная схема колонны – стержень, жестко закрепленный по концам. Ригель имеет жесткое сопряжение с колонной.

Верхняя часть колонны.

В сечение сварной двутвр. Верхняя часть колонны работает на сжатие с изгибом. (см. ричунок 6).

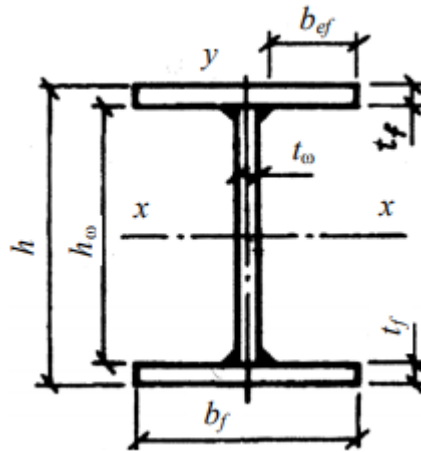


Рисунок 6 – Сечение верхней части колонны

### Нижняя часть колонны

Сечение состоит из двух ветвей наружной и подкрановой, ветви соединены соединительной решёткой, состоящей из раскосов и стоек. Сечение наружной ветви состоит из пластины и двух уголков, сечение подкрановой ветви состоит из прокатного двутавра. Ветви нижней части колонны работают на центральное сжатие. (см. рисунок 7).

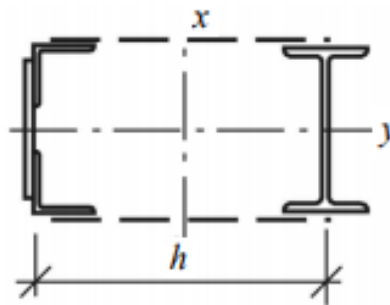


Рисунок 7- Сечение нижней части колонны

### Соединительная траверса

Траверса соединяет верхнюю и нижнюю часть колонны. Работает на изгиб (см.рисунок 8).



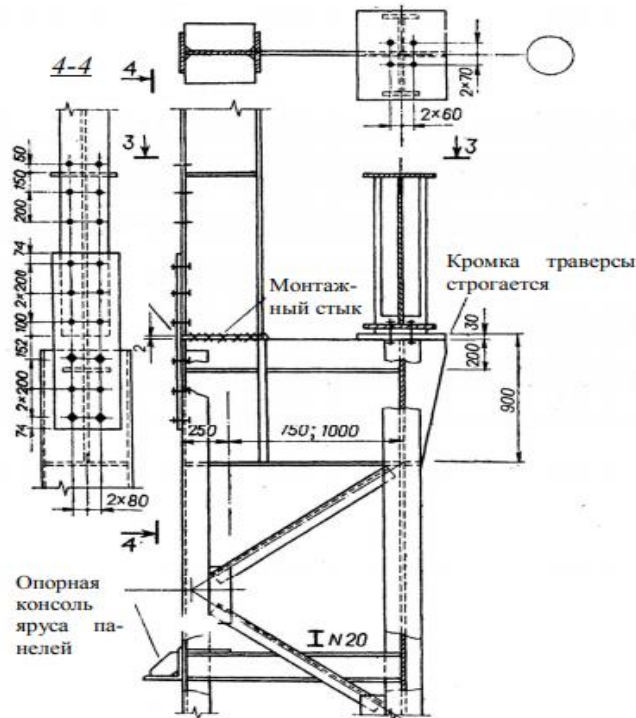


Рисунок 8- Траверса, соединяющая верхнюю и нижнюю часть колонны

### База колонны

В сквозных колонна при большой ширине принимают, как правило, отдельные базы, являющиеся достаточно экономичными и удобными в изготовлении. Ветви сквозной колонны работают на продольные осевые силы, поэтому расчет и конструирование отдельных баз проводится так же, как и без центрально сжатых колонн. (см. рисунок 9).

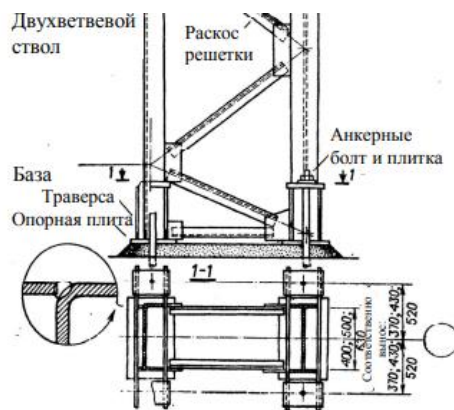


Рисунок 9- База колонны

### Траверса базы

Работает на изгиб, расчетной схемой является балка на двух опорах с консолями. Опорами являются сварные швы, крепящие траверсу к полкам колонны.

### 1.1.2 Кровля и ферма

Кровля теплая, состоит из сэндвич панелей, прогонов и ферм. Фермы пролетом 36 м с уклоном 0,015 м. Фермы состоят из 6 панелей, крайние панели равны 5,75 м, средние 6 м. Высота стропильных ферм 3,15 м. По торцам покрытия здания предусмотрен парапет 0,6 м. Кровля и схема крайней и средней панели фермы Ф-1 представлены на рисунках 10-11.

Расчетной схемой фермы является стержневая конструкция с шарнирным закреплением элементов в узлах, нагруженная узловыми нагрузками.

Ферма имеет жесткое сопряжение с колонной, поэтому на опорах действуют  $M_{д}$  и  $M_{пр}$ . Ферма в целом работает на изгиб, отдельные элементы ее на центральное сжатие или центральное растяжение.

Верхний пояс сжат, нижний – растянут, восходящие раскосы сжаты, нисходящие – растянуты, стойки работают на сжатие.

Пролет фермы 36 м, сечение из парных уголков.

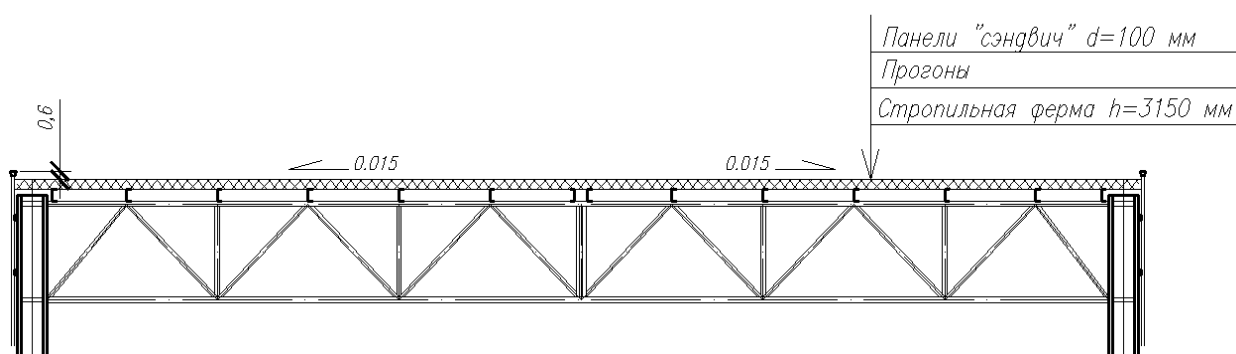


Рисунок 10- Кровля

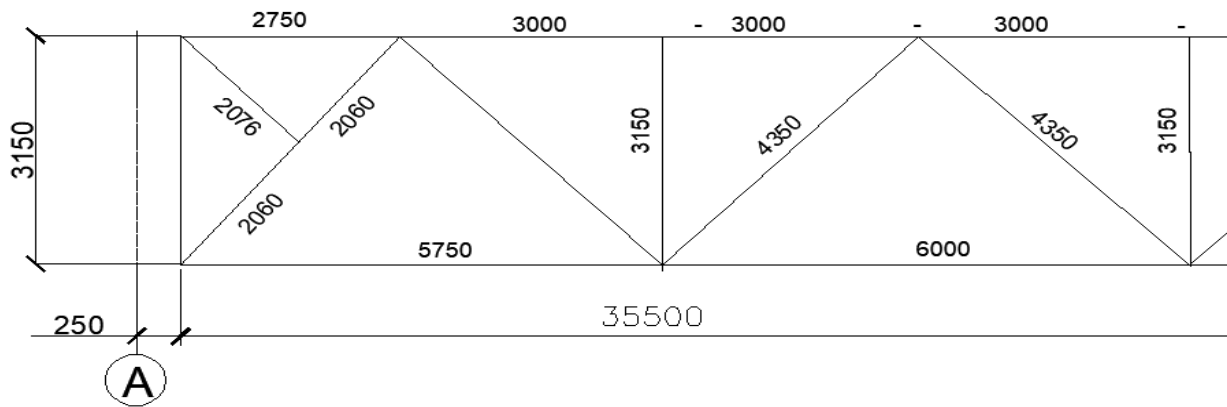


Рисунок 11- Крайняя и средняя панель фермы

### 1.1.3 Фундамент

Фундамент – это подземная часть здания, которая передает нагрузки от здания на основание и обеспечивает прочность и устойчивость здания.

В проекте запроектированы монолитные железобетонные фундаменты.

Фундамент условно делится на две части: подколонник и плиту, которая в данном случае имеет три ступень. Подколонник делается сплошной (без стакана) и снабжается анкерными болтами, которые на низких концах имеют крюки или анкеры, а на верхних, выступающих концах винтовую нарезку для закрепления стальной колонны на фундаменте. Верх подколонника расположен на отметке минус 0,850 м.

### 1.1.4 Подкрановая балка

Запроектированные разрезные подкрановые балки пролетом 12 м, которые представляют собой сварной двутавр сплошного сечения. Разрезные подкрановые балки имеют пространственное сечение и стыкуются на опорах, где изгибающий момент равен нулю. Высота сечения подкрановых балок принята  $h=1500$  мм.

Для обеспечения местной устойчивости стенок балок усилены парными поперечными ребрами жесткости, расположенными через 3 м. Балки опираются на колонны через опорные торцевые ребра и крепятся к ним болтами и планками. Между собой балки соединены болтами, пропускаемыми через опорные ребра. Подкрановая балка представлена на рисунке 9.

На ПБ действует вертикальное давление, которое передается в местах опирания мостового крана и горизонтальная нагрузка, которая также передается в местах опирания мостового крана.

Все нагрузки определяются от двух сближенных кранов наибольшей грузоподъемности.

Так как крановая нагрузка носит подвижный характер, то максимальный изгибающий момент и поперечная сила определяются по правилу Винклера.

Расчетной схемой является балка на двух опорах, работающая на изгиб.

Сечение состоит из не равнополочного двутавра, пластины и прокатного швеллера. (см. рисунок 12).

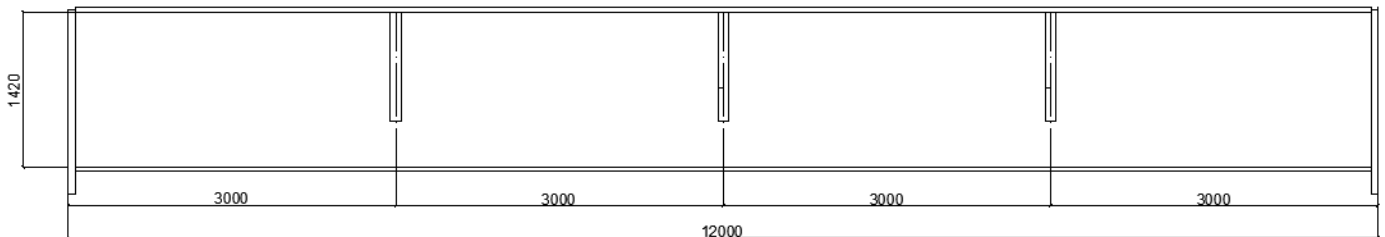


Рисунок 12 – Подкрановая балка

Для мостового крана принят крановый рельс КР-70, который крепится на подкрановой балке при помощи лапок и болтов (см. рисунок 13).

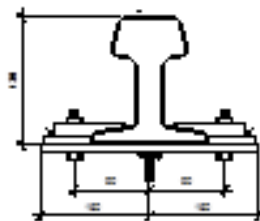


Рисунок 13 – Крановый рельс

### 1.1.5 Двери, ворота

В наружных стенах здания запроектировано размещение ворот распашных складчатых с калиткой РСВк 3,6х3,6 и дверей стальных утепленных двупальных 2ДСУ (см. рисунок 14).

Конструктивные размеры ворот 3600х3600 мм, дверных проемов, увеличение на толщину швов, составляют 2015х2430 мм.

Коробка стальной двери изготовлена из уголков 75х5 мм, полотна – из стали толщиной 2 мм.

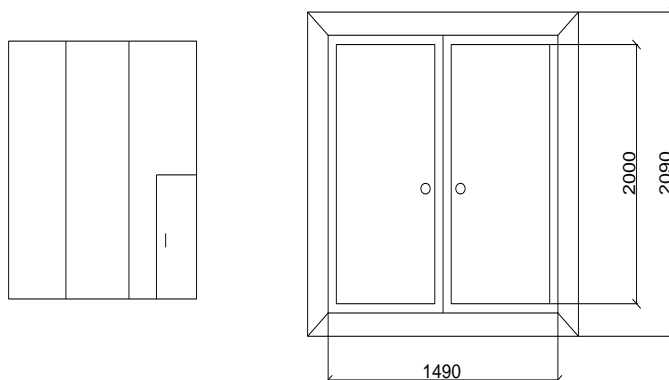


Рисунок 14 – Схема дверей и ворот

В одном из полотен ворот предусмотрена калитка для прохода людей. Для предотвращения продувания по контуру рамы ворот приварены стальные полосы – нащельники. Створные щели полотен и щель у порога закрываются гибким фартуком из резины. Полотна распашных ворот открываются наружу.

### 1.1.6 Окна

Решением стеновых панелей предусмотрено устройство отдельных окон ПВХ, открывающиеся с двойным остеклением (см. рисунок 15).

Окна приняты по чертежам в количестве 50 шт.

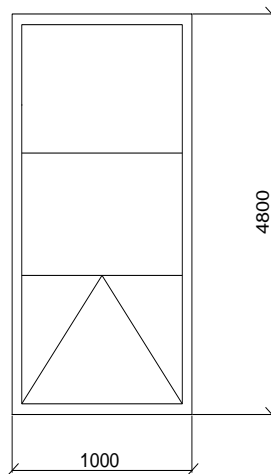
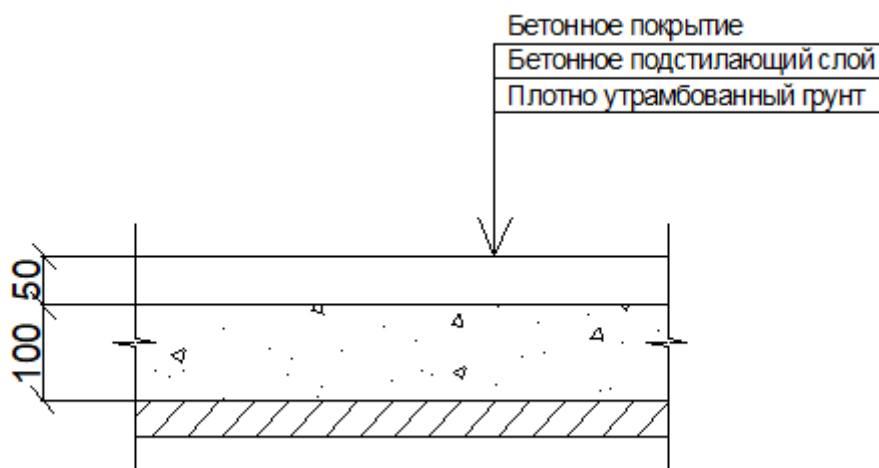


Рисунок 15 – Схема заполнения оконного проема

### 1.1.7 Пол

Конструктивное решение пола выбрано с конкретным решением производственного помещения. Производственный цех для складирования готовой продукции имеет пол со сплошным покрытием. Запроектирован бетонный пол усиленный по бетонному подстилающему слою В75. Грунт основания под пол исключает возможность общих и местных деформаций пола, т.к. укреплен из бетона марки В12,5 на графийном заполнителе. Бетонный подстилающий слой принимается толщиной 100 мм (см. рисунок 16).



## Рисунок 16 – Конструкция пола

### 1.1.8 Крановое оборудование

В здании предусмотрено два крана грузоподъемностью 50 т. Режим работы кранов 5К. (см. рисунок 17).

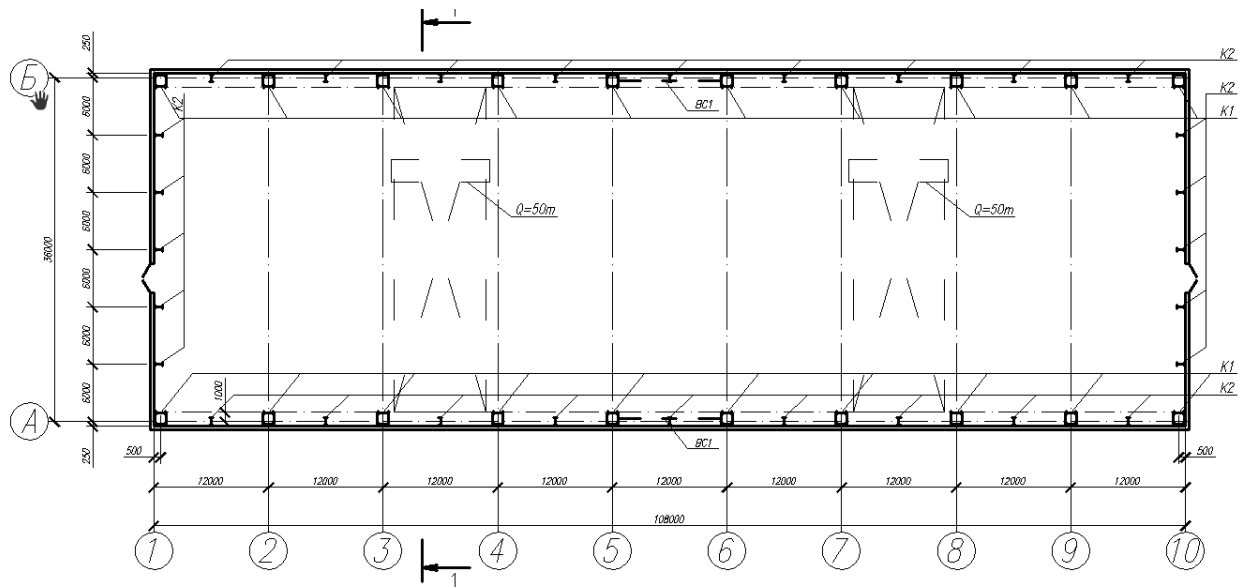


Рисунок 17- Расположение кранов в здании

### 1.1.9 Стены

В комплект ограждающих конструкций здания входят наружные стеновые панели со стальными обшивками и утеплителями (см. рисунок 18).

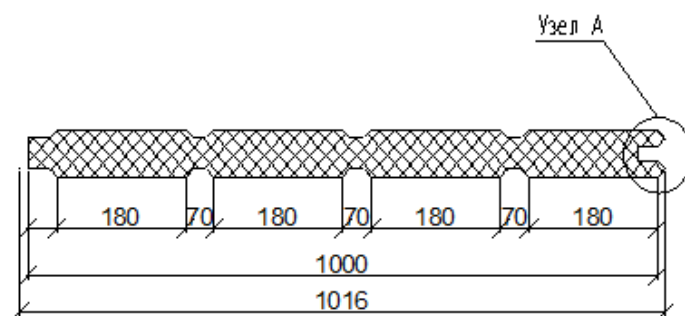
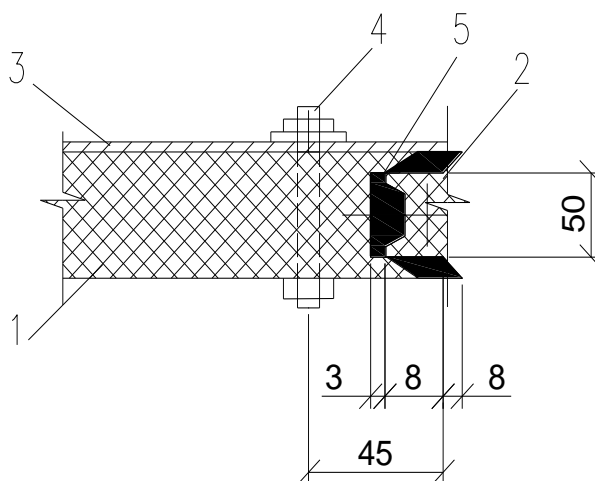


Рисунок 18 – Бескаркасная панель из металлических листов

В трехслойных панелях наружная и внутренняя обшивка выполнена из стальных оцинкованных рулонных листов толщиной 0,8 мм. Заключенный между ними слой эффективного утеплителя – пенопалиуретан имеет толщину 60,0 мм, определенная теплотехническими расчетами.

Панели имеют кромки форм гребня и паза и образуют стыки в форме шпунта (см. рисунок 19).



1 – паз панели; 2 – гребень панели; 3 – ригель; 4 – болт; 5 – герметизирующая прокладка

Рисунок 19- Узел А

### 1.1.10 Теплотехнический расчет стенового ограждения

Для указанной площадки строительства по [1, таблица 3.1], получены величины: температура воздуха наиболее холодной пятидневки  $t_{ext} = -37^{\circ}\text{C}$ , средняя температура воздуха за оптимальный период  $t_{ht} = -11,9^{\circ}\text{C}$ , продолжительность периода со средней суточной температурой  $z_{ht} = 165$  суток.  $t_{int}$  – температура внутри помещения,  $^{\circ}\text{C}$  -  $t_{int}=16^{\circ}\text{C}$

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (16 - (-37)) \cdot 165 = 8745, \quad (1)$$

где,  $D_d$  –градусо-сутки отопительного периода.

В соответствии с [10, таблица 3] получены коэффициенты:  $a=0,0002$ ,  $b=1,0$ .

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b = 0.0002 \cdot 8745 + 1.0 = 2.749 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}, \quad (2)$$



где  $R_{reg}$  - требуемое значение термического сопротивления ограждающей конструкции.

В соответствии с [10, таблица 4] получен коэффициент теплообмена внутренней среды  $a_{int} = 8.70$  Вт/(м · °С).

В соответствии с [10, таблица 8] получен коэффициент теплообмена наружной среды  $a_{ext} = 23.00$  Вт/(м · °С).

$$R_0 = \left( \frac{1}{a_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) \cdot r = \quad (3)$$

$$= \left( \frac{1}{8.70} + \frac{0.0008}{58} + \frac{0.60}{0.19} + \frac{0.0008}{58} + \frac{1}{23.00} \right) \cdot 0.74 = 2.856 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

$$R_0 = 2.856 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} \geq R_{reg} = 2.792 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

где  $R_0$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции.

В соответствии с [10, таблица 6] получено  $n=1.00$ .

Определение температурного перепада

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot a_{int}} = \frac{1.00(16 - (-37))}{2.856 \cdot 8.7} = 2,133 \leq \Delta t_n = 4.00 \text{°С} , \quad (4)$$

где  $\Delta t_0$  – расчетный температурный перепад;

$n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающей конструкции.

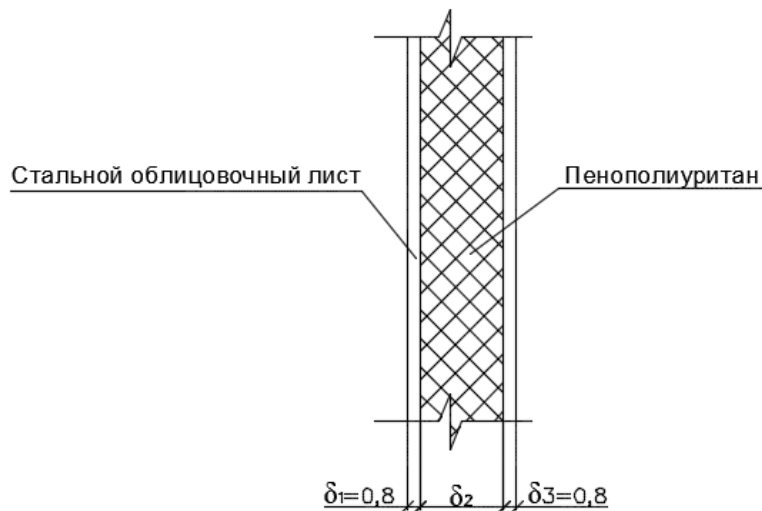


Рисунок 20- Панели типа «Сэндвич»

## 1.2 Описание технологического процесса

Цех предназначен для изготовления деталей и узлов изделий, имеющих неразъемные соединения, выполненные преимущественно сваркой. Основным исходным материалом для производства металлоконструкция служит прокат металлов. Могут выполняться комбинированные конструкции из поковок, отливок, проката.

Технологические операции обслуживаются самоходными безрельсовыми тележками, а также мостовыми кранами. После сварки изделия могут проходить комплекс дополнительной обработки: механическую и термическую обработки травления, гидравлические испытания и окраску. Передача металлоконструкций на соответствующие участки производится тележками и мостовыми кранами.

## 1.3 Описание исходных данных района строительства

Расчетная температура наружного воздуха:

Климатические параметры холодного периода

- среднесуточная амплитуда температур наиболее холодного месяца, °С: 8,6;
- температура воздуха наиболее холодной пятидневки °С, обеспеченностью 0,98: -38 °С;
- абсолютно минимальная температура воздуха, °С: -49 °С
- среднемесячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %: 80%. [1 п. 3. Табл. 3.1].

Климатические параметры теплого периода года

- температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98: 28°С;
- средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °С: 25°С;
- абсолютная максимальная температура воздуха, °С: 40°С;

– среднемесячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %: 67%. [1 п. 4. Табл. 4.1].

### Среднемесячная годовая температура воздуха

Данные о среднемесячной температуре воздуха в городе Омске приведены в таблице 1.

Таблица 1- Среднемесячная температура воздуха в городе Омске

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Омск	-17,2	-15,9	-7,8	3,7	12,1	17,7	19,5	16,3	10,5	2,8	-7,3	-14,3	1,7

Климатические параметры рассчитаны на период наблюдений до 2010 года.

[1 п. 5. Табл. 5.1]

Климатический район города Омска I В. [1 Прил. А, рис. А.1.].

### Сейсмичность

Расчётная сейсмическая интенсивность в Омской области составляет 5-6 баллов по шкале MSK-64. [2 Прил. А Карты общего сейсмического районирования].

### Снеговая нагрузка

Город Омск находится в третьем снеговом районе [3 Прил. Е].

Нормативное значение снегового покрова  $S_g$  на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли  $S_g=1,5$  кН/м<sup>2</sup>. [3п. 10 табл.10.1].

### Ветровые нарезки

Ветровой район города Омска II.

Нормативное значение ветрового давления  $w_0=0,30$  Па, принимается по [3п. 11 табл.11.1].

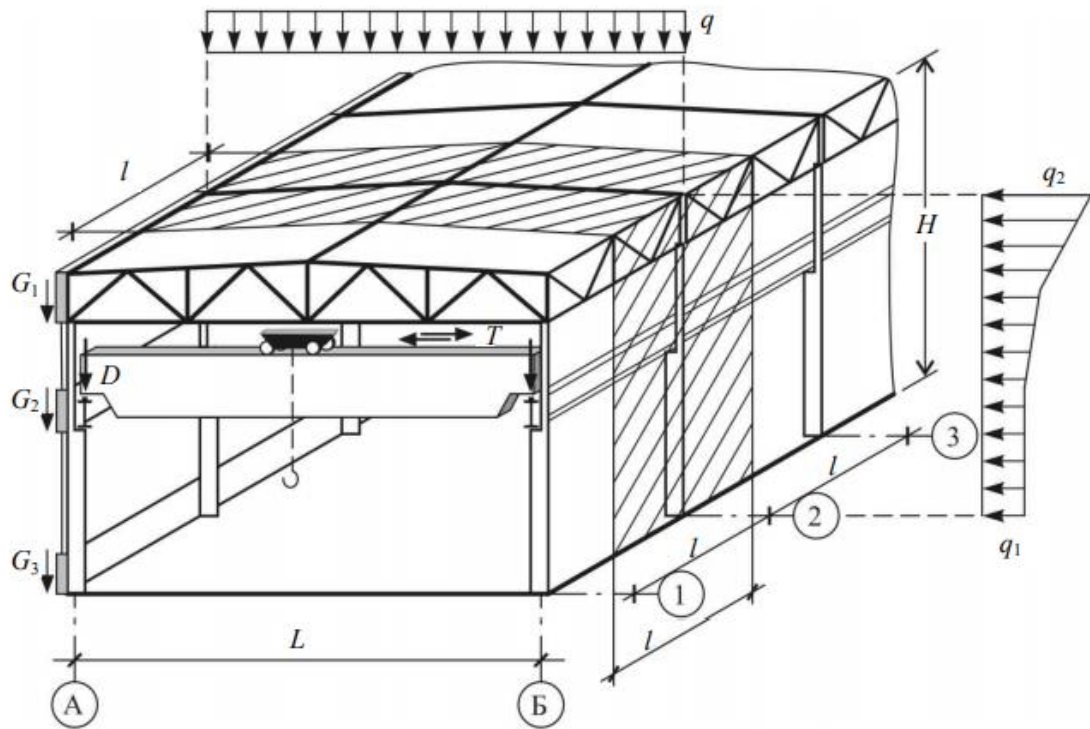


Рисунок 18- Нагрузки на поперечную раму каркаса

### Описание геологических условий района строительства

Геологический разрез состоит из трех слоев грунта:

1. пылеватый песок, влажный, средне курупности;
2. супесь в пластичном состоянии;
3. суглинок в тугопластичном состоянии.

Уровень природного рельефа находится на отметке 252 м.

Уровень грунтовых вод находится на отметк 249,50 м

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта 1,362 м.

### Описание кранового оборудования

Нагрузки от мостовых кранов следует определять в зависимости от групп режимов их работы, устанавливаемых в [3 табл. А.1 прил. А]и других нормативных документах, от вида привода и способа подвеса груза. В металлургическом цеха данного проекта приняты два крана с режимом работы 5К и весом 50т.

При учете двух кранов нагрузки от них необходимо умножать на коэффициент сочетаний  $\Psi_i = 0,85$ .

## **2 Расчетно-конструктивный раздел**

### **2.1 Исходные данные**

Одноэтажное промышленное здание. Производственный корпус машиностроительного завода в г. Омске.

Пролет цеха( $l$ ): 36 м.

Длина цеха( $L$ ): 108 м.

Шаг рам ( $B$ ): 12м.

Отметка головки кранового рельса( $h_1$ ) :15,4м.

Грузоподъемность крана ( $Q$ ):500 кН.

Количество кранов: 2шт.

Режим работы кранов: 5К.

Тип кровли: теплая с прогонами.

Район строительства: город Омск.

Снеговой район: 3 район [3.Приложение Е]

Ветровой район: 2 район [3.Приложение Е]

Тип местности:В.

Класс прочности бетона фундамента: В20.

### **2.1 Компоновка каркаса**

Высота от головки кранового рельса до низа фермы ( $h_2$ ): 3800мм.

Высота от отметки ( $\pm 0.000$ ) до верха кранового рельса ( $h_1$ ) :15400мм.

Высота подкрановой балки ( $h_{п.б}$ ): 1500мм.

Высота верхней части колонны ( $H_B$ ): 5430мм.

Высота нижней части колонны ( $H_K$ ) :14570мм.

Общая высота колонны ( $H$ ): 20000мм.

Высота базы колонны ( $h_6$ ): 800мм.

Ширина верхней части колонны ( $b_B$ ) :500мм.

Ширина нижней части колонны ( $b_n$ ): 1000мм.

Привязка крайних колонн (a):250мм.

Компоновка каркаса показана на рисунке 19.

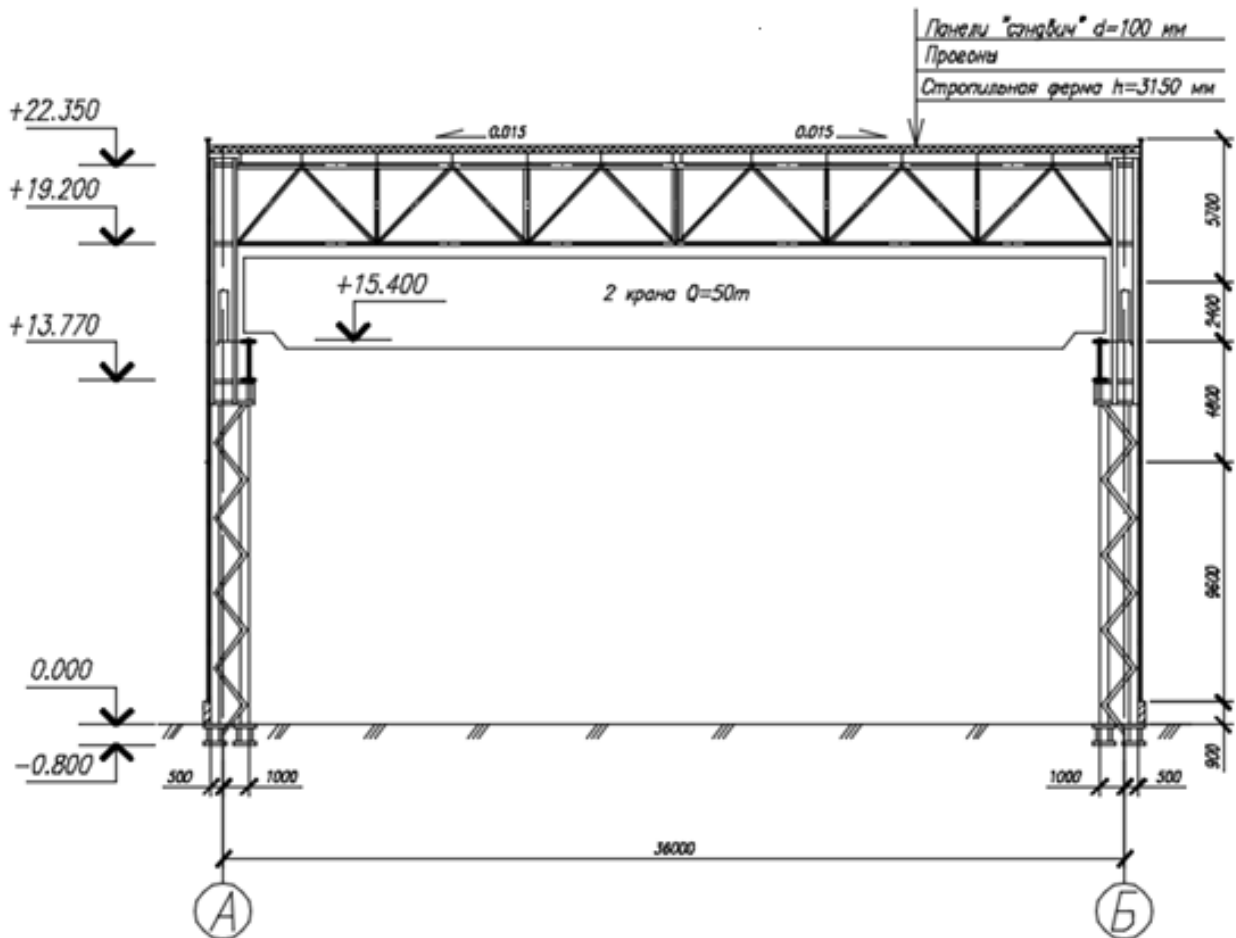


Рисунок 19-Компоновка поперечной рамы одноэтажного промышленного здания

## 2.2. Нагрузки от собственного веса конструкций здания

Нагрузки от собственного веса покрытия, нагрузки от собственного веса частей здания приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Нагрузки от конструкций покрытия

Элементы конструкции покрытия	Единицы измерения	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
-------------------------------	-------------------	----------------------	------------------------------------	--------------------

1. Стальной профнастил	кН/м <sup>2</sup>	0,14	1,05	0,15
2. Прогоны	кН/м <sup>2</sup>	0,2	1,05	0,2
3. Стропильные фермы	кН/м <sup>2</sup>	0,4	1,05	0,5

*Проложение таблицы 2*

Элементы конструкции покрытия	Единицы измерения	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
4. Связи по покрытию	кН/м <sup>2</sup>	0,06	1,05	0,07
5. Защитный слой	кН/м <sup>2</sup>	0,42	1,3	0,55
6. Утеплитель (пенопласт)	кН/м <sup>2</sup>	0,03	1,2	0,04
Итого		1,25		1,51

Таблица 3 – Нагрузки от веса элементов и частей здания

Элементы и части здания	Единицы измерения	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
1. Верхняя часть колонны	кН	15	1,05	16
2. Нижняя часть колонны	кН	60	1,05	63
3. Связи между колоннами	кН/м <sup>2</sup>	0,05	1,05	0,05
4. Подкрановые конструкции при шаге рам 12	кН	60	1,05	63
5. Трехслойные металлические навесные стеновые панели t=130-150мм	кН/м <sup>2</sup>	0,5	1,05	0,75

### 2.2.1 Погонная нагрузка на ригель рамы:

$$q_{\text{покр}}^{\text{H}} = \sum q_{\text{с.в.}i}^{\text{H}} \cdot B = 1,25 \cdot 12 = 15 \text{ кН/м}, \quad (1)$$

где  $B$  – шаг рам

$\sum q_{\text{с.в.}i}^{\text{H}}$  – значения нормативных нагрузок с одного квадратного метра покрытия соответственно, определяемая по таблице 1.

$$q_{\text{покр}}^{\text{P}} = \sum q_{\text{с.в.}i}^{\text{P}} \cdot B = 1,51 \cdot 12 = 18,2 \text{ кН/м}, \quad (2)$$

$\sum q_{\text{с.в.}i}^{\text{P}}$  – значения расчетных нагрузок с одного квадратного метра покрытия соответственно, определяемая по таблице 2. Схема распределения нагрузок представлена на рисунке 20.

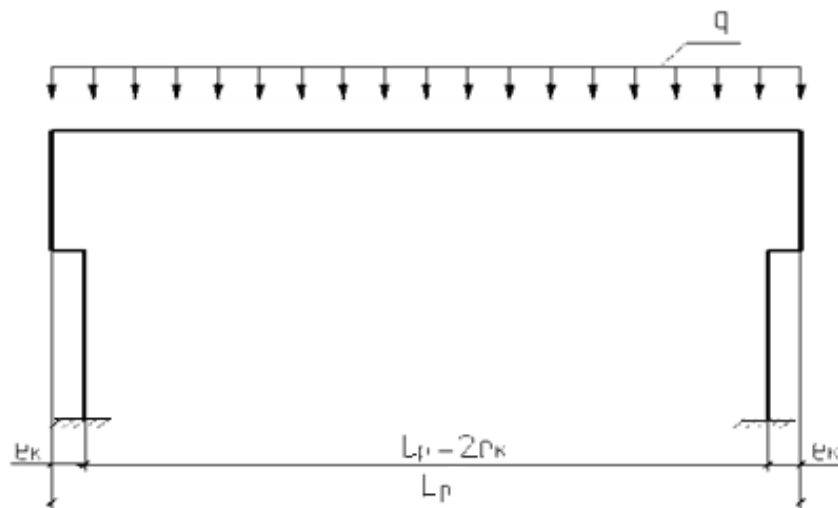


Рисунок 20 – Схема распределения нагрузки от собственного веса покрытия

### 2.2.2 Снеговая нагрузка

Нормативная снеговая нагрузка:( III-район)

$$S_{\text{сн}}^{\text{H}} = S_0^{\text{H}} \cdot \mu \cdot B = 1,5 \cdot 1 \cdot 12 = 18 \text{ кН/м}, \quad (3)$$



Расчетная снеговая нагрузка:

$$S_{\text{сн.}}^p = S_0^H \cdot \gamma_f \cdot B = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 12 = 25,2 \text{ кН/м}, \quad (4)$$

где  $S_0^H$  – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, принимается по таблице 10.1 [3];

$\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимается по таблице Б1 приложение Б [3].

$\gamma_f$  – коэффициент надежности о нагрузке – 1.4, принимается п. 10.12 [3];

### 2.2.3 Ветровая нагрузка

Величины ветровой нагрузки определяются по формуле:

$$\omega_a = \omega_0 \cdot c_a \cdot k \cdot B \cdot \gamma_f, \quad (5)$$

$$\omega_{\text{отс.}} = \omega_0 \cdot c_{\text{отс.}} \cdot k \cdot B \cdot \gamma_f, \quad (6)$$

где  $\omega_0$  – нормативное значение ветрового давления, принимается согласно [3] по таблице 11.1 в зависимости от ветрового района строительства(II-район),

$$\omega_0 = 0,3$$

$c_a, c_{\text{отс.}}$  – аэродинамические коэффициенты активного давления ветра и отсоса соответственно, принимаемые по приложению Д [3] и составляет:

- для наветренной стороны  $c_a = 0,8$ ;

- для заветренной стороны  $c_{\text{отс.}} = -0,6$ ;

$k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, принимаемый по таблице 11.2 [3], зависящий от высоты и типа местности и составляет:

- для отметки 5м  $k = 0,5$ ;

- для отметки 10м  $k = 0,65$ ;

- для отметки 19.2 м  $k = 0,83$ ;

- для отметки 22.95м  $k = 0,89$ ;

- для отметки 40м  $k=1,1$ ;

$\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке,  $\gamma_f = 1,4$ ;

$B$  – шаг рам.

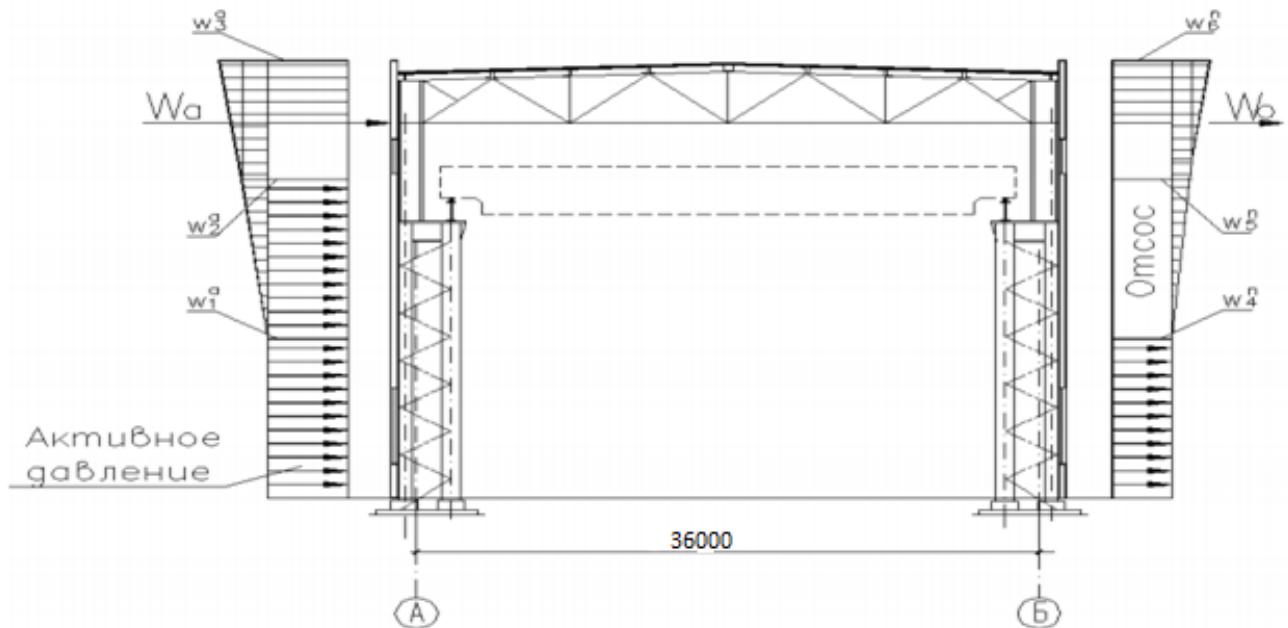


Рисунок 21 – Расчетная схема действия ветровой нагрузки слева на раму здания

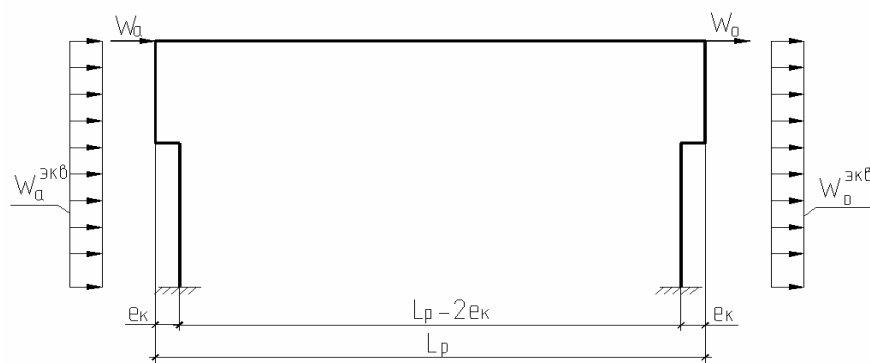


Рисунок 22 – Схема действия на раму эквивалентной ветровой нагрузки

Схема действия ветровой нагрузки на раму и схема действия на раме эквивалентной нагрузки представлены на рисунках 21-22.

Определяем величины расчетной ветровой нагрузки:

На отметке 5,000 м ( $k=0,5$ )

$$\omega_{a.5} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 12 \cdot 1,4 = 2,016 \text{ кН/м,}$$

$$\omega_{\text{отс.5}} = 0,3 \cdot (-0,6) \cdot 0,5 \cdot 12 \cdot 1,4 = -1,512 \text{ кН/м},$$

На отметке 10,000 м (k=0,65)

$$\omega_{a.10} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 12 \cdot 1,4 = 2,62 \text{ кН/м},$$

$$\omega_{\text{отс.10}} = 0,3 \cdot (-0,6) \cdot 0,65 \cdot 12 \cdot 1,4 = -1,97 \text{ кН/м},$$

На отметке 19,200 м (k=0,83)

$$\omega_{a.19.2} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 12 \cdot 1,4 = 3,35 \text{ кН/м},$$

$$\omega_{\text{отс.19.2}} = 0,3 \cdot (-0,6) \cdot 0,83 \cdot 12 \cdot 1,4 = -2,5 \text{ кН/м},$$

$$h_{\text{пар}} = h + 3,15 + 0,6 = 19,2 + 3,15 + 0,6 = 22,95 \text{ м}$$

На отметке 22,95 м (k=0,89)

$$\omega_{a.22,95} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 0,89 \cdot 12 \cdot 1,4 = 3,58 \text{ кН/м},$$

$$W_{\text{отс.22,95}} = 0,3 \cdot (-0,6) \cdot 0,89 \cdot 12 \cdot 1,4 = -2,7 \text{ кН/м},$$

Сосредоточенная нагрузка:

$$W_a = \frac{(\omega_{a.19.2} + \omega_{a.22,95})}{2} \cdot (h_{\text{на оп.}}^{\text{фер.}} + 0,45 + 0,6) \quad (7)$$

$$W_a = \frac{(3,35 + 3,58)}{2} \cdot (3,15 + 0,45 + 0,6) = 14,553 \text{ кН}.$$

$$W_{\text{отс}} = \omega_a \cdot \frac{c_{\text{отс}}}{c_a} \quad (8)$$

$$W_{отс} = 14,553 \cdot \frac{0,6}{0,8} = 10,91 \text{ кН.}$$

Эквивалентная равномерная нагрузка определяется из условия равенства изгибающего момента заделки от фактической ветровой нагрузки и эквивалентной:

$$M_{зад.}^{факт.} = M_{зад.}^{экр.}$$

Изгибающий момент заделки от фактической ветровой нагрузки:

$$\begin{aligned} M_{зад.}^{факт.} = & \omega_{a.5} \cdot 5 \cdot \left( \frac{5}{2} + h_{базы} \right) + \frac{(\omega_{a.5} + \omega_{a.10})}{2} \cdot (10 - 5) \cdot \\ & \cdot \left[ \frac{2}{3} \cdot (10 - 5) + 5 + h_{базы} \right] + \frac{(\omega_{a.19.2} + \omega_{a.10})}{2} \cdot (19,2 - 10) \cdot \\ & \cdot \left[ \frac{2}{3} \cdot (19,2 - 10) + 10 + h_{базы} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} M_{зад.}^{факт.} = & 2,016 \cdot 5 \cdot \left( \frac{5}{2} + 0,8 \right) + \frac{(2,016 + 2,62)}{2} \cdot (10 - 5) \cdot \\ & \cdot \left[ \frac{2}{3} \cdot (10 - 5) + 5 + 0,8 \right] + \frac{(3,35 + 2,62)}{2} \cdot (19,2 - 10) \cdot \\ & \cdot \left[ \frac{2}{3} \cdot (19,2 - 10) + 10 + 0,8 \right] = 604,15 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Эквивалентная равномерно распределенная нагрузка:

$$\omega_a^{экр.} = \frac{M_{зад.}^{факт.} \cdot 2}{h^2} \quad (10)$$

$$\omega_a^{экр.} = \frac{604,15 \cdot 2}{20^2} = 3,02 \text{ кН/м;}$$

$$\omega_{отс.}^{экр.} = \omega_a^{экр.} \cdot \frac{c_{отс.}}{c_a} \quad (11)$$

$$\omega_{отс.}^{эқв.} = 3,02 \cdot \frac{0,6}{0,8} = 2,265 \text{ кН/м.}$$

### 2.2.4 Крановая нагрузка

На поперечную раму здания действуют вертикальные нагрузки от кранов  $D_{max}, D_{min}$  и горизонтальная сила  $T$  от торможения тележек кранов. Расчетная схема рамы при действии крановой нагрузки представлена на рисунке 23. Схема расположения мостового крана представлена на рисунке 24.

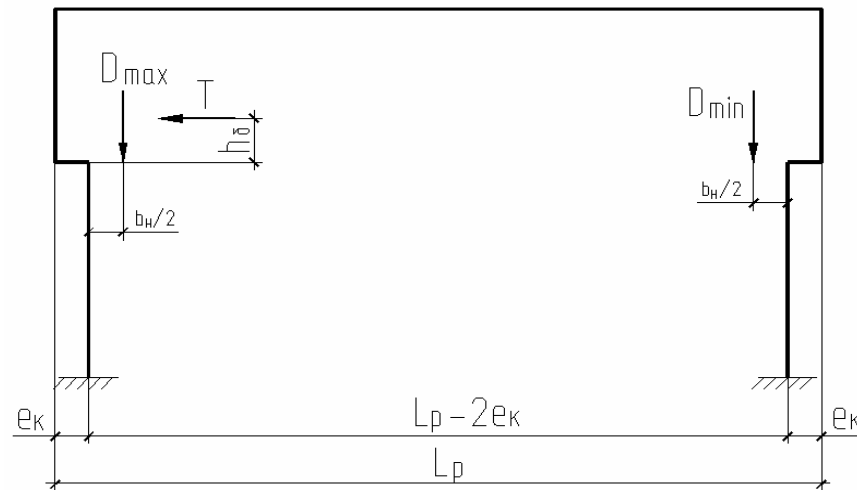


Рисунок 23 – Расчетная схема рамы при действии крановой нагрузки

Вертикальное давление на раму:

$$D_{max} = \gamma_f \cdot \psi \cdot P_n \cdot \sum y_i + \gamma_{f2} \cdot B_t \cdot B \cdot Q_t; \quad (12)$$

$$D_{min} = \gamma_f \cdot \psi \cdot P_{min} \cdot \sum y_i + \gamma_{f2} \cdot B_t \cdot B \cdot Q_t; \quad (13)$$

$$P_{min} = \frac{(Q + G_k)}{N_0} - P_n \quad (14)$$

$$P_{min} = \frac{(500 + 896)}{2} - 540 = 158 \text{ кН.}$$

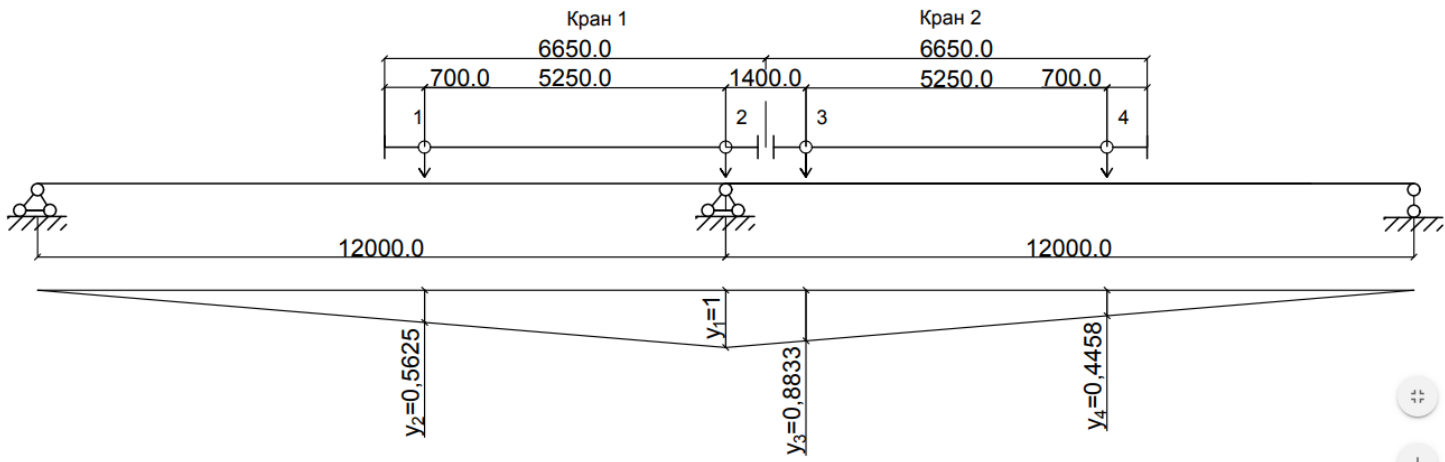


Рисунок 24 – Схема расположения мостовых кранов для определения нагрузки на раму при наличии в пролете двух кранов

$$y_1 = 1; y_2 = 0,5625; y_3 = 0,8833; y_4 = 0,4458.$$

$$\Sigma y_i = 1 + 0,5625 + 0,8833 + 0,4458 = 2,8916;$$

$$D_{max} = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 540 \cdot 2,8916 + 1,3 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,5 = 1483,36 \text{ кН};$$

$$D_{min} = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 158 \cdot 2,8916 + 1,3 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 1,5 = 450,57 \text{ кН};$$

$$M_{max} = D_{max} \cdot \frac{b_H}{2} \quad (15)$$

$$M_{max} = 1483,36 \cdot \frac{1}{2} = 741,68 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{min} = D_{min} \cdot \frac{b_H}{2} \quad (16)$$

$$M_{min} = 450,57 \cdot \frac{1}{2} = 225,285 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Горизонтальная нагрузка на колонну:

$$T = \gamma_f \cdot \psi \cdot T_K^H \cdot \Sigma y_i \quad (17)$$

$$T = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 17,125 \cdot 2,8916 = 46,3 \text{ кН};$$

$$T_K^H = f \frac{Q+G_T}{n} \quad (18)$$

$$T_K^H = 0,05 \cdot \frac{500 + 185}{2} = 17,125 \text{ кН};$$

## 2.3 Статический расчет в программе RAMA\_F

Статический расчет выполняется с помощью программы RAMA\_F исходные данные приведены в таблице 4, а результаты статического расчета см. приложение А, Б.

Таблица 4–Исходные данные

Исходные данные	Значение	Ед. изм.
Пролет здания	36,0	м
Длина температурного блока	108,0	м
Шаг колонн	12,0	м
Высота колонны	20	м
Привязка колонны к разбивочной оси	0,5	м
Ширина надкрановой части колонны	0,5	м
Ширина подкрановой части колонны	1	м
Высота надкрановой части колонны	5,430	м
Постоянная нагрузка: погонная на ригель	18,2	кН/м
от надкрановой части колонны	16	кН
от подкрановой части колонны	63	кН
от веса подкрановых конструкций	63	кН
Снеговая погонная нагрузка	25,2	кН/м
Вертикальное давление на раму: $D_{max}$	1483,36	кН
Вертикальное давление на раму: $D_{min}$	450,57	кН
Горизонтальное давление на колонну: $T$	46,3	кН
Грузоподъемность крана	500/100	кН
Активная сосредоточенная нагрузка от ветра	14,553	кН
Активная погонная нагрузка от ветра	3,02	кН/м
Пассивная сосредоточенная нагрузка от ветра	10,91	кН
Пассивная погонная нагрузка от ветра	2,265	кН/м
Отношение жесткостей подкрановой части колонны к надкрановой части	4	
Отношение жесткостей ригеля и надкрановой части колонны	40	
Эксцентриситет опирания ригеля	0,25	м
Высота подкрановой балки	1,5	м
Давление колеса на рельс	540	кН

При расчете также учтено: число мостовых кранов - 2;



сопряжение колонн и ригеля - жесткое;  
сейсмические нагрузки - не действуют;  
пространственная работа каркаса - учитывается;  
кровля - жесткая;  
стены - самонесущие;

## 2.4. Расчет стропильной фермы

### 2.4.1 Выбор геометрической схемы фермы

Расчетной схемой фермы является стержневая конструкция с шарнирным закреплением элементов в узлах, нагруженная узловыми нагрузками  $P_{сн}$  и  $P_{св}$

Ферма имеет жесткое сопряжение с колонной, поэтому на опорах действуют  $M_{л}$  и  $M_{пр}$ . Ферма в целом работает на изгиб, отдельные элементы ее на центральное сжатие или центральное растяжение.

Верхний пояс сжат, нижний – растянут, восходящие раскосы сжаты, нисходящие – растянуты, стойки работают на сжатие. (см. рисунки 25-26).

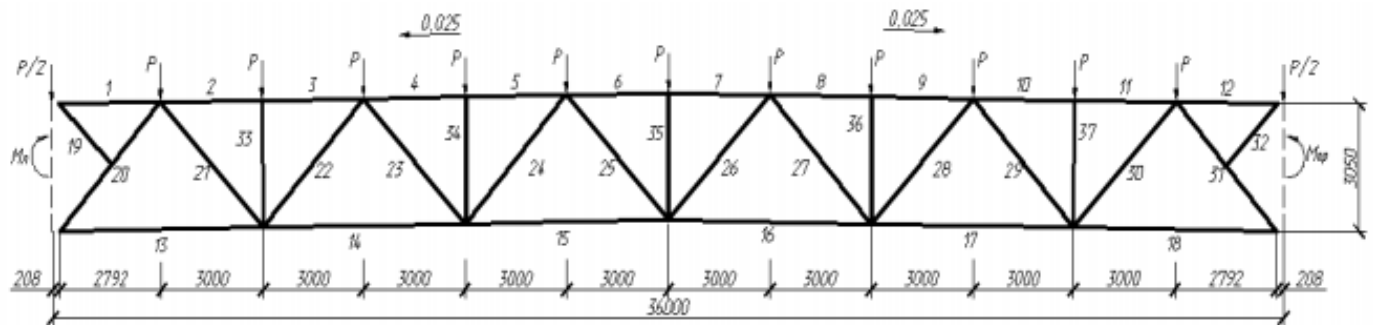


Рисунок- 25 – Расчетная схема фермы

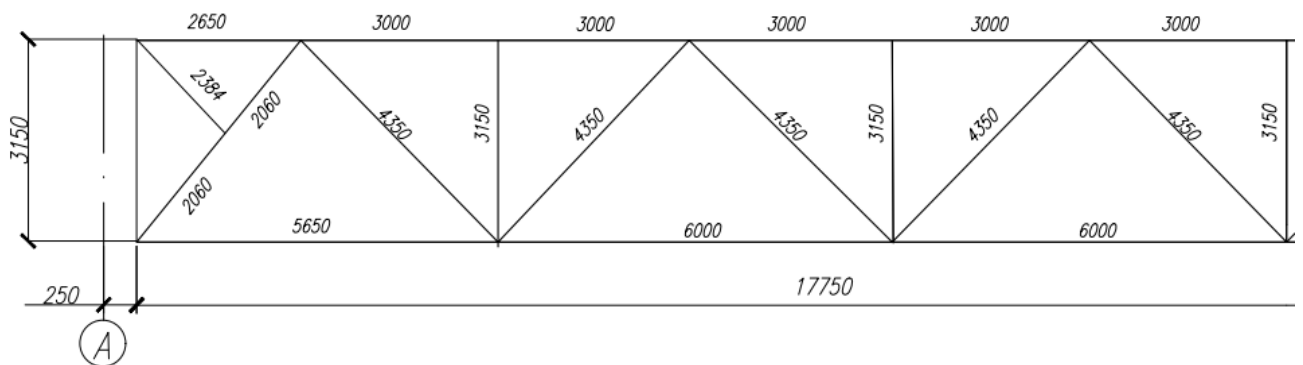


Рисунок 26 – Расчетные длины фермы

Нагрузка от собственного веса покрытия:

$$P_{\text{покр св}} = \sum q_{\text{кр св}} \cdot B \cdot d \quad (19)$$

$$P_{\text{покр св}} = 1,51 \cdot 12 \cdot 3 = 54,36 \text{ кН};$$

Нагрузка от снегового покрова:

$$P_{\text{CH}} = S_{\text{CH}} \cdot \mu \cdot B \cdot d \quad (20)$$

$$P_{\text{CH}} = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 12 \cdot 3 = 75,6 \text{ кН.}$$

Определим опорные моменты:

- в сечении 9 – 9:

$$M_{\text{л}} = -1180,9 \text{ кН} \cdot \text{м} \text{ (max 9 – 9); 1,2,4,5,8}$$

- в сечении 10 – 10 соответственно:

$$\begin{aligned} M_{\text{пр}} &= M_1 + (M_2 + M_4 + M_5 + M_8) \cdot 0,9 \\ &= -13,8939 + (-15,9069) + 251,134 + 663,364 + 174,812) \cdot 0,9 \\ &= 952,16889 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Таблица 5- Определение расчетных усилий в стержнях фермы.

Элемент	Обозначения	Усилия от P=1, кН	Усилия от пост. Нагр. и P=54,36, кН	Усилия от снега. Нагрузки P <sub>сн</sub> = 75,6, кН		Усилия от опорных моментов, кН				Расчетные усилия, кН	
				n=1	n=0,9	M <sub>лев</sub> =1	M <sub>пр</sub> =1	M <sub>лев</sub> =-1180,9	M <sub>пр</sub> =952,16889	Растяжения	Сжатие
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Верхний пояс	1	0	0	0	0	-0,33	0	389,697	0	389,7	
	2	-9,53	-518,05	-720,47	-648,42	-0,28	-0,06	330,652	-57,13		-1238,5
	3	-9,53	-518,05	-720,47	-648,42	-0,28	-0,06	330,65	-57,13		-1238,5
	4	-15,24	-828,45	-1152,1	-1036,9	-0,22	-0,11	259,80	-104,74		-1980,6
	5	-15,24	-828,45	-1152,1	-1036,9	-0,22	-0,11	259,80	-104,74		-1980,6
	6	-17,15	-932,27	-1296,5	-1166,9	-0,17	-0,17	200,75	-161,87		-2228,8
	7	-17,15	-932,27	-1296,5	-1166,9	-0,17	-0,17	200,75	-161,87		-2228,8
	8	-15,24	-828,45	-1152,1	-1036,9	-0,11	-0,22	129,90	-209,48		-1980,6
	9	-15,24	-828,45	-1152,1	-1036,9	-0,11	-0,22	129,90	-209,48		-1980,6
	10	-9,53	-518,05	-720,47	-648,42	-0,06	-0,28	70,85	-266,61		-1238,5
	11	-9,53	-518,05	-720,47	-648,42	-0,06	-0,28	70,85	-266,61		-1238,5
	12	0	0	0	0	0	-0,33	0	-314,22		-314,22
Нижний пояс	13	5,24	284,85	396,14	356,53	0,3	0,03	-354,27	28,57	680,99	
	14	12,86	699,07	972,22	874,99	0,25	0,08	-295,23	76,17	1671,29	
	15	16,67	906,18	1260,25	1134,23	0,19	0,14	-224,37	133,30	2166,43	
	16	16,67	906,18	1260,25	1134,23	0,14	0,19	-165,33	180,91	2182,02	
	17	12,86	699,07	972,22	874,99	0,08	0,25	-94,472	238,04	1814,86	
	18	5,24	284,85	396,14	356,53	0,03	0,3	-35,427	285,65	931,21	

Продолжение таблицы 5

Элемент	Обозначения	Усилия от P=1, кН	Усилия от пост. Нагр. и P=54,36, кН	Усилия от снега. Нагрузки P <sub>сн</sub> = 75,6, кН		Усилия от опорных моментов, кН				Расчетные усилия, кН	
				n=1	n=0,9	M <sub>лев</sub> =1	M <sub>пр</sub> =1	M <sub>лев</sub> =-1180,9	M <sub>пр</sub> =952,16889	Растяжения	Сжатие
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5
Раскосы	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	-7,69	-418,03	-581,36	-523,23	0,04	-0,04	-47,24	-38,09		-1084,7
	21	6,14	333,77	464,184	417,77	-0,04	0,04	47,24	38,09	883,28	
	22	-4,89	-265,82	-369,68	-332,72	0,04	-0,04	-47,24	-38,09		-720,83
	23	3,41	185,37	257,80	232,02	-0,04	0,04	47,24	38,09	528,49	
	24	-2,1	-114,16	-158,76	-142,88	0,04	-0,04	-47,24	-38,09		-358,24
	25	0,68	36,96	51,4	46,3	-0,04	0,04	47,24	38,09	173,70	
	26	0,68	36,96	51,4	46,3	0,04	-0,04	-47,24	-38,09	88,37	
	27	-2,1	-114,16	-158,76	-142,88	-0,04	0,04	47,24	38,09		-272,92
	28	3,41	185,37	257,80	232,02	0,04	-0,04	-47,24	-38,09	443,16	
	29	-4,89	-265,82	-369,68	-332,72	-0,04	0,04	47,24	38,09		-635,5
	30	6,14	333,8	464,2	417,8	0,04	-0,04	-47,24	-38,09	797,95	
	31	-7,69	-418,03	-581,36	-523,23	-0,04	0,04	47,24	38,09		-999,39
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Стойки	33	-1	-54,36	-75,6	-68,04	0	0	0	0		-129,96
	34	-1	-54,36	-75,6	-68,04	0	0	0	0		-129,96
	35	-1	-54,36	-75,6	-68,04	0	0	0	0		-129,96
	36	-1	-54,36	-75,6	-68,04	0	0	0	0		-129,96
	37	-1	-54,36	-75,6	-68,04	0	0	0	0		-129,96

## 2.4.2 Подбор сечения стержней

Растянутые элементы

Подбор сечения растянутых элементов ведется из условия прочности (см. таблицу 4.1). При подборе сечения элемента должно выполняться условие:  $A^\Phi \geq A^{тр}$ .

Требуемая площадь:

$$A^{тр} = \frac{N_p}{R_y \cdot \gamma_c}, \text{ см}^2, \quad (21)$$

где  $N_p$  – растягивающее усилие в элементе;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, прил. Б, табл. Б. 3,];

Сталь С440

$\gamma_c = 0,95$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

Принятые сечения проверяются:

- на прочность:

$$\sigma = \frac{N_p}{A^\Phi} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (22)$$

где  $A^\Phi$  – фактическая площадь, принятая по сортаменту;

- на гибкость в плоскости фермы:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef}}{i_x} \leq [\lambda]; \quad (23)$$

- на гибкость из плоскости фермы:

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_y} \leq [\lambda], \quad (24)$$

где  $l_{ef}$  – расчетная длина элемента фермы;

$[\lambda]$  – предельная гибкость [4, таб. 32].

## Сжатые элементы

Подбор сечения сжатых элементов ведется из условия обеспечения устойчивости. При подборе сечения элемента должно выполняться условие:  $A^\Phi \geq A^{тр}$ .

Требуемая площадь:

$$A^{тр} = \frac{N_c}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}, \text{ см}^2, \quad (25)$$

где  $N_c$  – сжимающее усилие в элементе;

$\varphi = 0,7 \div 0,9$  – коэффициент продольного изгиба;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, прил. Б, табл. Б. 3,];

$\gamma_c = 0,95$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

Принятые сечения проверяются:

- на устойчивость:

$$\sigma = \frac{N_c}{\varphi_{min} \cdot A^\Phi} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (26)$$

где  $A^\Phi$  – фактическая площадь, принятая по сортаменту;

$\varphi_{min}$  – принимаем по таблице 72 [6]

- на гибкость в плоскости действия момента:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef}}{i_x} \leq [\lambda]; \quad (27)$$

- на гибкость из плоскости действия момента:

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_y} \leq [\lambda], \quad (28)$$

где  $l_{ef}$  – расчетная длина элемента фермы;

$[\lambda]$  – предельная гибкость [4, таб. 32].

Расчетная длина элемента фермы принимается:

- верхний пояс в плоскости фермы:

$$l_{efx} = d = 3 \text{ м}; \quad (29)$$

- верхний пояс из плоскости фермы:

$$l_{efy} = d = 3 \text{ м}; \quad (30)$$

- нижний пояс в плоскости фермы:

$$l_{efx} = 6 \text{ м}; \quad (31)$$

- нижний пояс из плоскости фермы (при пролете 36 м):

$$l_{efy} = 24 \text{ м}; \quad (32)$$

- элементы решетки опорных раскосов в плоскости фермы (со шпренгелями):

$$l_{efx} = 0,5 \cdot l_{геом}, \text{ м} \quad (33)$$

- элементы решетки опорных раскосов из плоскости фермы:

$$l_{efy} = l_{геом}, \text{ м}; \quad (34)$$

- все остальные элементы решетки в плоскости фермы:

$$l_{efx} = 0,8 \cdot l_{геом}, \text{ м} \quad (35)$$

- все остальные элементы решетки из плоскости фермы:

$$l_{efy} = l_{геом}, \text{ м}. \quad (36)$$



Таблица 6-Результаты конструктивного расчета стержней фермы

Элементы	Обозначения	Расчетные усилия		Сечение 2-х уголков	Площадь двух уголков		I <sub>ex</sub>	I <sub>ey</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	λ <sub>x</sub>	λ <sub>y</sub>	[λ]	φ <sub>min</sub>	Проверка сечения	
		Растяжение	Сжатие		A <sub>тр</sub>	A <sub>ф</sub>									Прочность	Устойчивость
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Верхний пояс	1	389,7	0	90x6	9,5	21,20	275	300	2,78	4,11	98,92	72,99	400		18,38	
	2	0	-1238,52	140x10	37,9	54,7	300	300	4,33	6,19	69,28	48,47	150	0,59		38,38
	3	0	-1238,52	140x10	37,9	54,7	300	300	4,33	6,19	69,28	48,47	150	0,59		38,38
	4	0	-1980,59	180x11	60,6	77,6	300	300	5,6	7,81	53,57	38,41	150	0,75		34,03
	5	0	-1980,59	180x11	60,6	77,6	300	300	5,6	7,81	53,57	38,41	150	0,75		34,03
	6	0	-2228,81	180x11	68,2	77,6	300	300	5,6	7,81	53,57	38,41	150	0,75		38,30
	7	0	-2228,81	180x11	68,2	77,6	300	300	5,6	7,81	53,57	38,41	150	0,75		38,30
	8	0	-1980,59	180x11	60,6	77,6	300	300	5,6	7,81	53,57	38,41	150	0,75		34,03
	9	0	-1980,59	180x11	60,6	77,6	300	300	5,6	7,81	53,57	38,41	150	0,75		34,03
	10	0	-1238,52	140x10	37,9	54,7	300	300	4,33	6,19	69,28	48,47	150	0,59		38,38
	11	0	-1238,52	140x10	37,9	54,7	300	300	4,33	6,19	69,28	48,47	150	0,59		38,38
	12		-314,22	90x6	9,6	21,2	275	300	2,78	4,11	98,92	72,99	150	0,4		37,05
Нижний пояс	13	680,99	0	90x7	16,7	24,6	575	600	2,77	4,14	207,58	144,93	400		27,68	
	14	1671,29	0	160x10	40,9	62,9	600	2400	4,96	6,97	120,97	344,33	400		26,57	
	15	2166,43	0	160x10	53,0	62,9	600	2400	4,96	6,97	120,97	344,33	400		34,44	
	16	2182,02	0	160x10	53,4	62,9	600	2400	4,96	6,97	120,97	344,33	400		34,69	
	17	1814,86	0	160x10	44,4	62,9	600	2400	4,96	6,97	120,97	344,33	400		28,85	
	18	931,21	0	70x5	22,8	24,6	575	600	2,77	4,14	207,58	144,93	400		37,85	

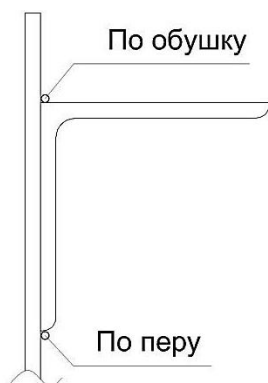
Продолжение таблицы 6

Элементы	Обозначения	Расчетные усилия		Сечение 2-х уголков	Площадь двух уголков		l <sub>ex</sub>	l <sub>ey</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	λ <sub>x</sub>	λ <sub>y</sub>	[λ]	φ <sub>min</sub>	Проверка сечения	
		Растяжение	Сжатие		A <sub>тр</sub>	A <sub>ф</sub>									Прочность	Устойчивость
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3
Раскосы	19	0	0	70x5	0,0	24,6	238,4	238,4	2,3	3,52	103,65	67,73	150		0	
	20	0	-1084,72	140x10	33,2	54,7	206	412	4,33	6,19	47,58	66,56	150	0,8		24,79
	21	883,28	0	140x10	21,6	54,7	348	435	4,33	6,19	80,37	70,27	400		16,15	
	22	0	-720,827	140x10	22,1	54,7	348	435	4,33	6,19	89,92	78,66	150	0,335		39,34
	23	528,49	0	125x8	12,9	39,4	348	435	3,87	5,53	89,92	78,66	400		13,41	
	24	0	-358,239	125x8	11,0	39,4	348	435	3,87	5,53	89,92	78,66	150	0,27		33,68
	25	173,70	0	125x8	4,3	39,4	348	435	3,87	5,53	89,92	78,66	400		4,41	
	26	88,37	0	125x8	2,2	39,4	348	435	3,87	5,53	89,92	78,66	400		2,24	
	27	0	-272,916	125x8	8,4	39,4	348	435	3,87	5,53	89,92	78,66	150	0,27		25,65
	28	443,16	0	125x8	10,8	39,4	348	435	3,87	5,53	89,92	78,66	400		11,25	
	29	0	-635,504	140x10	19,4	54,7	348	435	4,33	6,19	80,37	70,27	150	0,335		34,68
	30	797,95	0	140x10	19,5	54,7	206	412	4,33	6,19	47,58	66,56	400		14,59	
	31	0	-999,392	140x10	30,6	54,7	238,4	238,4	4,33	6,19	55,06	38,51	150	0,740		24,67
32	0	0	70x5	0,0	13,7	252	315	2,16	3,3	116,67	95,45	150	0,258		0	
Стойки	33	0	-129,96	70x5	4,0	13,7	252	315	2,16	3,3	116,67	95,45	150	0,258		36,70
	34	0	-129,96	70x5	4,0	13,7	252	315	2,16	3,3	116,67	95,45	150	0,258		36,70
	35	0	-129,96	70x5	4,0	13,7	252	315	2,16	3,3	116,67	95,45	150	0,258		36,70
	36	0	-129,96	70x5	4,0	13,7	252	315	2,16	3,3	116,67	95,45	150	0,258		36,70
	37	0	-129,96	70x5	4,0	13,7	252	315	2,16	3,3	116,67	95,45	150	0,258		36,70

### 2.4.3 Расчет узлов фермы

Определяем длины швов, крепящих элементы решетки к фасонкам. Швы угловые работают на срез и рассчитываются по металлу шва и по металлу границы сплавления. Расчетная длина шва принимается равная или больше 10 см.

Расчет узлов ферм был выполнен в программе Excel.



Каждый элемент рассчитывается на свое усилие.

- по обушке:

$$l_{\omega} = \frac{\alpha \cdot N_i}{n_{шв} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см}, \quad (38)$$

$$l_{\omega} = \frac{\alpha \cdot N_i}{n_{шв} \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см}, \quad (39)$$

- по перу:

$$l_{\omega} = \frac{(1-\alpha) \cdot N_i}{n_{шв} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см}, \quad (40)$$

$$l_{\omega} = \frac{(1-\alpha) \cdot N_i}{n_{шв} \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см}, \quad (41)$$

где  $\beta_f, \beta_z$  – коэффициенты вида сварки, [4, табл. 39];

$$\beta_f = 1,1$$

$$\beta_z = 1.15$$

Вид сварки - автоматическая.

$\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$  – коэффициенты условия работ швов, [6, пункт 11.2];

$R_{\omega f}$  – расчетное сопротивление шва по металлу шва, [4, таб. Г. 2];

(Э50 -  $R_{\omega f} = 21,5$  МПа)

$R_{\omega z} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 54 = 24,3$  кН/см<sup>2</sup> - расчетное сопротивление шва по металлу границы сплавления;

$R_{un} = 54$  кН/см<sup>2</sup>; (4, табл В.3)

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

$k_f$  – катет шва, принимается из условия  $k_f^{min} \leq k_f \leq k_f^{max}$ ,

здесь  $k_f^{max}$  – максимальный катет шва, для шва по обушку  $k_f^{max} = t_{уг} + (1 \div 2)$  мм, для шва по перу  $k_f^{max} = t_{уг} - (1 \div 2)$  мм;

$k_f^{min}$  – минимальный катет шва, принимаемый по таб. 38 [4], в зависимости от толщины уголка;

$n_{шв}$  – количество швов, принимается равное 2;

$N_i$  – расчетное усилие элемента;

$\alpha$  – коэффициент, показывающий долю усилия на обушке, принимается равным 0,7, так как сечением раскосов и стоек являются равнополочные уголки.

Шов, крепящий фасонку к верхнему поясу фермы, работает на срез и рассчитывается по металлу шва и по металлу границы сплавления на усилие

$$S = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + P_{узл}^2}; \quad (42)$$

где  $N_2, N_1$  – усилия в панелях верхнего пояса, входящего в верхний узел.

- по обушку:

$$k_f = \frac{\alpha \cdot S}{n_{шв} \cdot \beta_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}, \quad (43)$$

$$k_f = \frac{\alpha \cdot S}{n_{шв} \cdot \beta_z \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c}, \quad (44)$$

- по перу:

$$k_f = \frac{(1-\alpha) \cdot S}{n_{шв} \cdot \beta_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}, \quad (45)$$

$$k_f = \frac{(1-\alpha) \cdot S}{n_{шв} \cdot \beta_z \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c}, \quad (46)$$

### 2.4.3.1 Расчет верхнего опорного узла (узел 1)

При проектировании жесткого верхнего опорного узла, толщина опорного фланца принимается 20мм, расстояние между болтами 100мм (см. рисунок 27).

Таблица 7 - Данные для расчета

Дано:									
$n_{шв}$ , шт	$\beta_f$	$\beta_z$	$R_{wf}$ , кН/см <sup>2</sup>	$R_{wz}$ , кН/см <sup>2</sup>	$R_{un}$ , кН/см <sup>2</sup>	$\gamma_{wf}$	$\gamma_{wz}$	$\gamma_c$	$\alpha$
2	1,1	1,15	21,5	24,3	54	1	1	0,95	0,7

Длина швов, крепящих панель верхнего пояса к фасонке:

Таблица 8-Расчет верхнего опорного узла

Расчет верхнего опорного узла			
По обушку:		По перу:	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
9,672527	8,339605	4,716797279	4,145545022
Приним.	21,5 см.	Приним.	21,5 см.
$K_f \max$ , см	$K_f$ , см	$K_f \min$ , см	$t$ , см
0,8	0,7	0,4	0,6

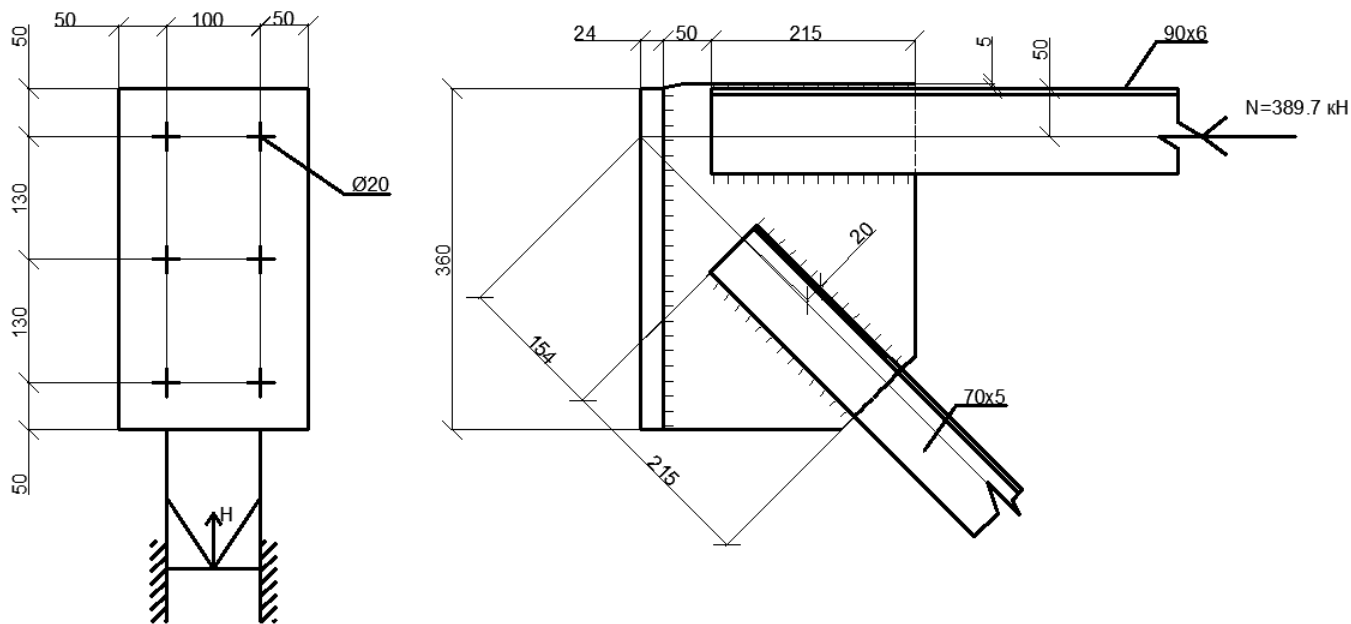


Рисунок 27 – Верхний опорный узел и опорный фланец

### Расчет опорного фланца

Таблица 9- Данные для определения опорного фланца

Дано:			
$z_{o.H}, \text{ см}$	$z_{o.B}, \text{ см}$	$b, \text{ см}$	$I_{\text{фл.}}, \text{ см}^4$
70x5	90x6		
1,9	2,43	10	36

Методика расчета:

$$M = \frac{N \cdot b}{8}, \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (47)$$

$$W_{\text{фланца}}^{\text{треб}} = \frac{M}{R_y \cdot \gamma_c}, \text{ см}^3; \quad (48)$$

$$N = \frac{M_{\text{опор 9-9}}}{3,15 - z_{o.вп.} - z_{o.н.п.}}, \text{ кН} \quad (49)$$

$$t_{\text{оп. фл.}} = \sqrt{\frac{6W_{\text{фланца}}^{\text{треб}}}{I_{\text{фл.}}}}, \text{ см} \quad (50)$$

Таблица 10- Расчет опорного фланца

Расчет опорного фланца				
Н, кН	М, кН*см	W <sub>треб.</sub> , см <sup>3</sup>	t <sub>оп. фл.</sub> , см	Приним.
1000,76271	1250,953	30,62309	2,25917	24 мм

Принимаем t<sub>оп.ф.</sub> = 24 мм

Определение площади болтов крепящих опорной фланец

Методика расчета:

$$A_{\text{болт}}^{\text{треб}} = \frac{N_p}{R_{bt} \cdot \gamma_c}, \text{ см}^2; \quad (51)$$

$$N_p = \frac{M_{\text{оп}}}{h_{\text{ф}}}, \text{ кН}; \quad (52)$$

$$d_{\text{болт}}^{\text{треб}} = \sqrt{\frac{4 \cdot N_p}{R_{bt} \cdot \gamma_c \cdot \pi \cdot n}}, \text{ см}; \quad (53)$$

Таблица 11– Данные для определения площади болтов

Дано:			
R <sub>bt</sub> , кН/см <sup>2</sup>	h <sub>ф</sub> , м	n, шт	π
21	3,15	6	3,14

Таблица 12- Расчет требуемой площади болтов

Расчет болтов			
N <sub>p</sub> , кН	A <sub>треб.</sub> , см <sup>2</sup>	d <sub>треб.</sub> , см	Приним.
374,8889	18,79142	1,99742	20мм

Принимаем d<sub>болт</sub> = 20 мм, d<sub>отв</sub> = 22мм.

### 2.4.3.2 Расчет нижнего опорного узла (узел 2)

Для такого типа соединения расчетными являются: сварной шов, соединяющий фасонку с опорным листом, болты, опорный лист, опорный столик.(см. рисунок 28).

Таблица 13- Данные для расчета

Дано:									
$n_{шв},$ шт	$\beta_f$	$\beta_z$	$R_{wf},$ кН/см <sup>2</sup>	$R_{wz},$ кН/см <sup>2</sup>	$R_{un},$ кН/см <sup>2</sup>	$\gamma_{wf}$	$\gamma_{wz}$	$\gamma_c$	$\alpha$
2	1,1	1,15	21,5	24,3	54	1	1	0,95	0,7

Длина швов, крепящих панель нижнего пояса к фасонке:

Таблица 14- Расчет швов, крепящих нижний пояс

Панель нижнего пояса 90x7			
По обушку		По перу	
$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$
14,26063	12,222544	6,683129	5,80966184
Приним.	20	Приним.	20
$K_f \text{ max}$	$K_f, \text{ см}$	$K_f \text{ min}$	$t$
0,9	0,8	0,5	0,7

Принимаем  $l_\omega = 20 \text{ см}$ .

Длина швов, крепящих опорный раскос к фасонке:

Таблица 15- Длина швов, крепящих опорный раскос

Раскос 140x10			
По обушку		По перу	
$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$
1	15,300658	8,241895	7,12885361
Приним.	31	Приним.	31
$K_f \text{ max}$	$K_f, \text{ см}$	$K_f \text{ min}$	$t$
1,2	1	0,8	1

Принимаем  $l_\omega = 31 \text{ см}$ .



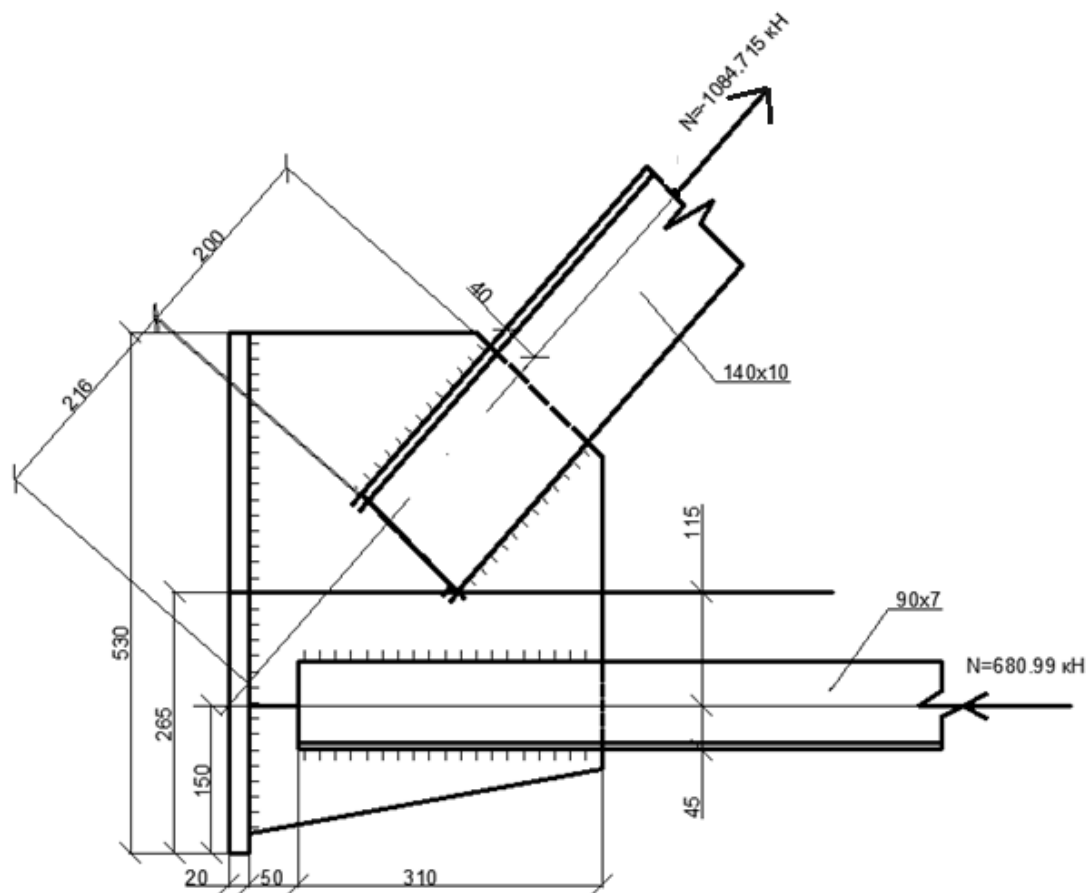


Рисунок 28 – Нижний опорный узел

Для крепления опорного фланца к колонне конструктивно принимаем 6 болтов  $d = 24\text{мм}$ ,  $d_{\text{отв}} = 27\text{мм}$ .

Таблица 16-Данные для расчета

Дано:					
$R_{\text{ун}}$ , кН	$\gamma_n$	$g_{\text{св.п}^p}$ , кН/м	$S_{\text{снег}}$ , кН/м	$l_{\text{ф}}$ , м	$b_{\text{фл}}$ , см
54	1,025	18,2	25,2	36	30

Методика расчета:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{N_{\text{см}}}{A_{\text{см}}} \leq R_p \cdot \gamma_c, \quad (54)$$

$$R_p = \frac{R_{un}}{\gamma_m} \text{ кН}, \quad (55)$$

$$N_{см} = R_{фермы} = \frac{\left(g_{св}^p + S_{сн}^p\right) \cdot l_{\phi}}{2} \cdot \text{кН}, \quad (56)$$

$$t_{\text{фланц}}^{\text{оп}} = \frac{N_{см}}{R_p \cdot \gamma_c \cdot b_{\text{фланц}}}, \text{ см}, \quad (57)$$

Таблица 17- Расчет толщины опорного фланца

Расчет тольщины опорного фланца			
R <sub>p</sub> , кН	N <sub>см.=R<sub>ф.</sub></sub> , кН	t <sub>фл.</sub> см	Приним.
52,68293	781,2	0,52029	20мм

Принимаем  $t_{\text{фланц}}^{\text{оп}} = 20 \text{ мм}$ .

Расчет швов, крепящих фасонку к опорному фланцу:

Таблица 18- Данные для расчета

Дано:									
R <sub>ф</sub> , кН	n <sub>шв</sub>	K <sub>f</sub>	β <sub>f</sub>	l <sub>w</sub> , см	R <sub>wf</sub> , кН/см <sup>2</sup>	γ <sub>wf</sub>	γ <sub>c</sub>	h <sub>ф</sub> , м	e, см
781,2	2	0,7	1,1	53	21,5	1	0,95	3,15	11,5

Методика расчета:

- По металлу шва:

$$\tau_{\omega f}^{R_{\phi}} = \frac{R_{фермы}}{n_{шв} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_{\omega}} \leq R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c \quad (58)$$

$$\tau_{\omega f}^H = \frac{H}{n_{шв} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_{\omega}} \leq R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c; \quad (59)$$

$$H = \frac{M_{оп}}{h_{\phi}} \text{ кН}; \quad (60)$$

$$\tau_{\omega f}^M = \frac{6 \cdot H \cdot e}{n_{шв} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_{\omega}^2} \leq R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c; \quad (61)$$

$$\tau_{\omega f}^{\text{факт}} = \sqrt{(\tau_{\omega f}^H + \tau_{\omega f}^M)^2 + (\tau_{\omega f}^{R_{\phi}})^2} \leq R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c; \quad (62)$$

Таблица 19- Расчет швов по металлу шва

$\tau_{wf}^{R_{\phi}}$ , кН/см <sup>2</sup>	$\tau_{wf}^H$ , кН/см <sup>2</sup>	H, кН	$\tau_{wf}^M$ , кН/см <sup>2</sup>	$\tau_{wf}^{\text{факт}}$ , кН/см <sup>2</sup>
9,571184	4,5931008	374,89	5,9797	14,2615432
$R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c$	$R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c$		$R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c$	$R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c$
20,425	20,425		20,425	20,425

Таблица 20- Данные для расчета

Дано:									
$R_{\phi}$ , кН	$n_{шв}$	$K_f$	$\beta_z$	$l_w$ , см	$R_{wz}$ , кН/см <sup>2</sup>	$\gamma_{wz}$	$\gamma_c$	$h_{\phi}$ , м	$e$ , см
781,2	2	0,7	1,15	53	24,3	1	0,95	3,15	11,5

Методика расчета:

- По металлу границы сплавления:

$$\tau_{\omega z}^{R_{\phi}} = \frac{R_{фермы}}{n_{шв} \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot l_{\omega}} \leq R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c; \quad (63)$$

$$\tau_{\omega z}^H = \frac{H}{n_{\text{шв}} \cdot \beta_z \cdot k_z \cdot l_{\omega}} \leq R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c; \quad (64)$$

$$\tau_{\omega z}^M = \frac{6 \cdot H \cdot e}{n_{\text{шв}} \cdot \beta_z \cdot k_z \cdot l_{\omega}^2} \leq R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c; \quad (65)$$

$$\tau_{\omega z}^{\text{факт}} = \sqrt{(\tau_{\omega z}^H + \tau_{\omega z}^M)^2 + (\tau_{\omega z}^{R_{\phi}})^2} \leq R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c; \quad (66)$$

Таблица 21- Расчет шва по металлу границы сплавления

$\tau_{\omega z}^{R_{\phi}}$ , кН/см <sup>2</sup>	$\tau_{\omega z}^H$ , кН/см <sup>2</sup>	H, кН	$\tau_{\omega z}^M$ , кН/см <sup>2</sup>	$\tau_{\omega z}^{\text{факт}}$ , кН/см <sup>2</sup>
9,155045	4,3934008	374,89	5,7197	13,6414761
$R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c;$	$R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c;$		$R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c;$	$R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c;$
23,085	23,085		23,085	23,085

Длина опорного столика назначается из условия обеспечения прочности сварных угловых швов:

Таблица 22- Данные для расчета

Дано:									
$R_{\phi}$ , кН	$n_{\text{шв}}$	$K_f$	$R_{\omega z}$ , кН/см <sup>2</sup>	$R_{\omega f}$ , кН/см <sup>2</sup>	$\gamma_{\omega z}$	$\gamma_{\omega f}$	$\gamma_c$	$\beta_f$	$\beta_z$
781,2	2	0,7	24,3	21,5	1	1	0,95	1,1	1,15

Методика расчета:

$$l_{\text{оп.ст}} = \frac{1,3 \cdot R_{\text{фермы}}}{n_{\text{шв}} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см}, \quad (67)$$

$$l_{\text{оп.ст}} = \frac{1,3 \cdot R_{\text{фермы}}}{n_{\text{шв}} \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см}, \quad (68)$$

Таблица 23- Расчет длины опорного столика

Расчет опорного столика	
$l_{\text{оп.ст}}, \text{ см}$	$l_{\text{оп.ст}}, \text{ см}$
33,28664	28,32435

Принимаем  $l_{\text{оп.ст}} = 40 \text{ см}$ ,  $t_{\text{оп.ст}} = 4 \text{ см}$ .

### 2.4.3.3 Расчет верхних промежуточных узлов (узел 3)

Таблица 24- Данные для расчета верхнего промежуточного узла

Дано:									
$n_{\text{шв}}, \text{ шт}$	$\beta_f$	$\beta_z$	$R_{wf}, \text{ кН/см}^2$	$R_{wz}, \text{ кН/см}^2$	$R_{un}, \text{ кН/см}^2$	$\gamma_{wf}$	$\gamma_{wz}$	$\gamma_c$	$\alpha$
2	1,1	1,15	21,5	26,55	59	1	1	0,95	0,7

Длина швов, крепящих восходящий раскос к фасонке:

Таблица 25- Длина швов, крепящих восходящий раскос

Расчет восходящего раскоса 140x10			
По обушку		По перу	
$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$
17,89775	27,33948	8,241895	7,128854
Приним.	30	Приним.	30
$K_f \text{ max}$	$K_f, \text{ см}$	$K_f \text{ min}$	$t$
1,2	1,0	0,8	1,0

Принимаем  $l_{\omega} = 30 \text{ см}$ .

Длина швов, крепящих нисходящий раскос к фасонке:

Таблица 26- Длина швов крепящий нисходящий раскос

Расчет нисходящего раскоса 140x10			
По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
14,75974	12,64494	6,897032	5,990689
Приним.	31,5	Приним.	31,5
$K_f$ max	$K_f$ , см	$K_f$ min	t
1,2	1,0	0,8	1,0

Принимаем  $l_w = 31,5$  см.

Длина швов, крепящих верхний пояс к фасонке:

Таблица 27- Данные для расчета

Дано:				
$N_1$ (90x6), кН	$N_2$ (140x10), кН	$P_{\text{пост.}}$ , кН	$P_{\text{снег}}$ , кН	S, кН
389,7	1238,52	54,36	75,6	858,7112

$$S = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + (P_{\text{пост.}} + P_{\text{снег}})^2} = \text{кН}; \quad (69)$$

Таблица 28- Расчет крепления верхнего пояса

Расчет верхнего пояса 140x10			
По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
14,37705	12,32107	6,733023	5,851887
Приним.	92	Приним.	92

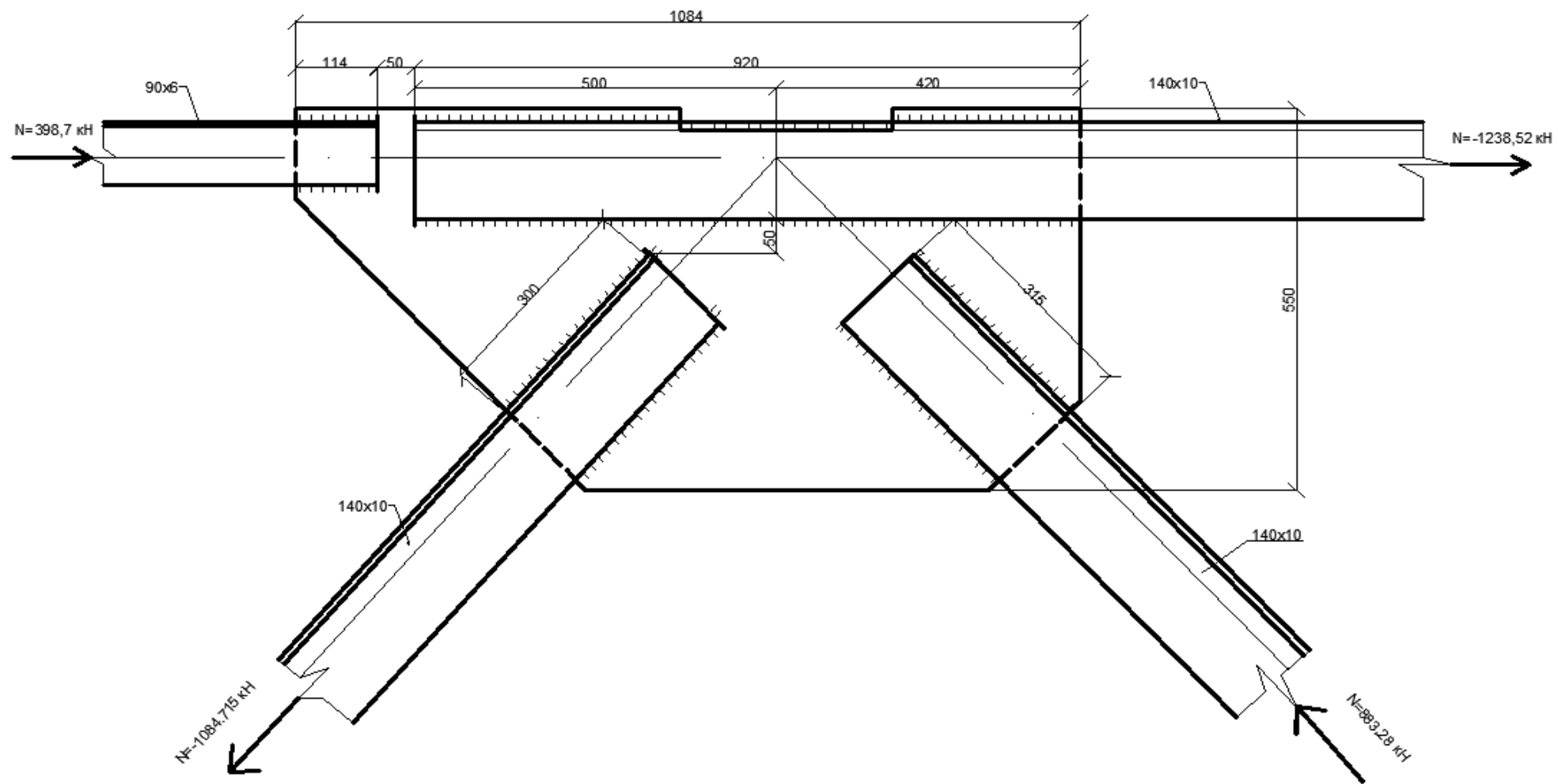


Рисунок 29 – Верхний промежуточный узел

Таблица 29- Расчет сварного углового шва

По металлу шва	По металлу границы сплавления
$\tau_w$	$\tau_w$
4,465942	4,27177
$R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c$	$R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c$
20,425 кН/см <sup>2</sup>	23,085 кН/см <sup>2</sup>

Условие выполняется.

Таблиц 30 – Расчет катета шва

По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
0,145403	0,123055	0,062315	0,052738

Принимаем  $k_f = 7$  мм.

#### 2.4.3.4 Расчет нижних промежуточных узлов (узел 4)

Таблица 31 –Данные для расчета

Дано:									
$n_{шв}$ , шт	$\beta_f$	$\beta_z$	$R_{wf}$ , кН/см <sup>2</sup>	$R_{wz}$ ,кН/см <sup>2</sup>	$R_{un}$ ,кН/см <sup>2</sup>	$\gamma_{wf}$	$\gamma_{wz}$	$\gamma_c$	$\alpha$
2	1,1	1,15	21,5	24,3	54	1	1	0,95	0,7

Длина швов, крепящих нисходящий раскос к фасонке:

Таблица 32- Расчет шва, крепящий нисходящий раскос

Расчет нисходящего раскоса 140x10			
По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
14,759742	12,64494	6,897032	5,990689
Приним.	20	Приним.	20
$K_f$ max	$K_f$ , мм	$K_f$ min	t
1,2	1,0	0,8	1,0

Принимаем  $l_{\omega} = 20$ см.



Длина швов, крепящих восходящий раскос к фасонке:

Таблица 33- Расчет шва, крепящий восходящий раскос

Расчет восходящего раскоса 140x10			
По обушке		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
12,229087	10,50323	5,812466	5,072815
Приним.	20	Приним.	20
$K_f$ max	$K_f$ , мм	$K_f$ min	t
1,2	1,0	0,8	1,0

Принимаем  $l_w = 20$ см.

Длина швов, крепящих стойку к фасонке:

Таблица 34- Расчет шва, крепящий стойку

Расчет стойки 70x5			
По обушке		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
4,3742072	3,855609	2,446089	2,223833
Приним.	16	Приним.	16

Принимаем  $l_w = 16$ см.

Длина швов, крепящих нижний пояс к фасонке:

Таблица 35- Данные для расчета

Дано:				
$N_1$ (90x7), кН	$N_2$ (160x10), кН	$P_{\text{пост}}$ , кН	$P_{\text{снег}}$ , кН	S, кН
680,99	1671,29	54,36	75,6	998,7864

Таблица 36- Расчет шва, крепящий нижний пояс

Расчет нижнего пояса			
По обушке		По перу	
lw, см	lw, см	lw, см	lw, см
16,559151	14,16779	7,668208	6,643339
Приним.	93	Приним.	93
Kf max	Kf, мм	Kf min	t
1,2	1,0	0,8	1,0

Принимаем  $l_w = 93\text{см}$ .

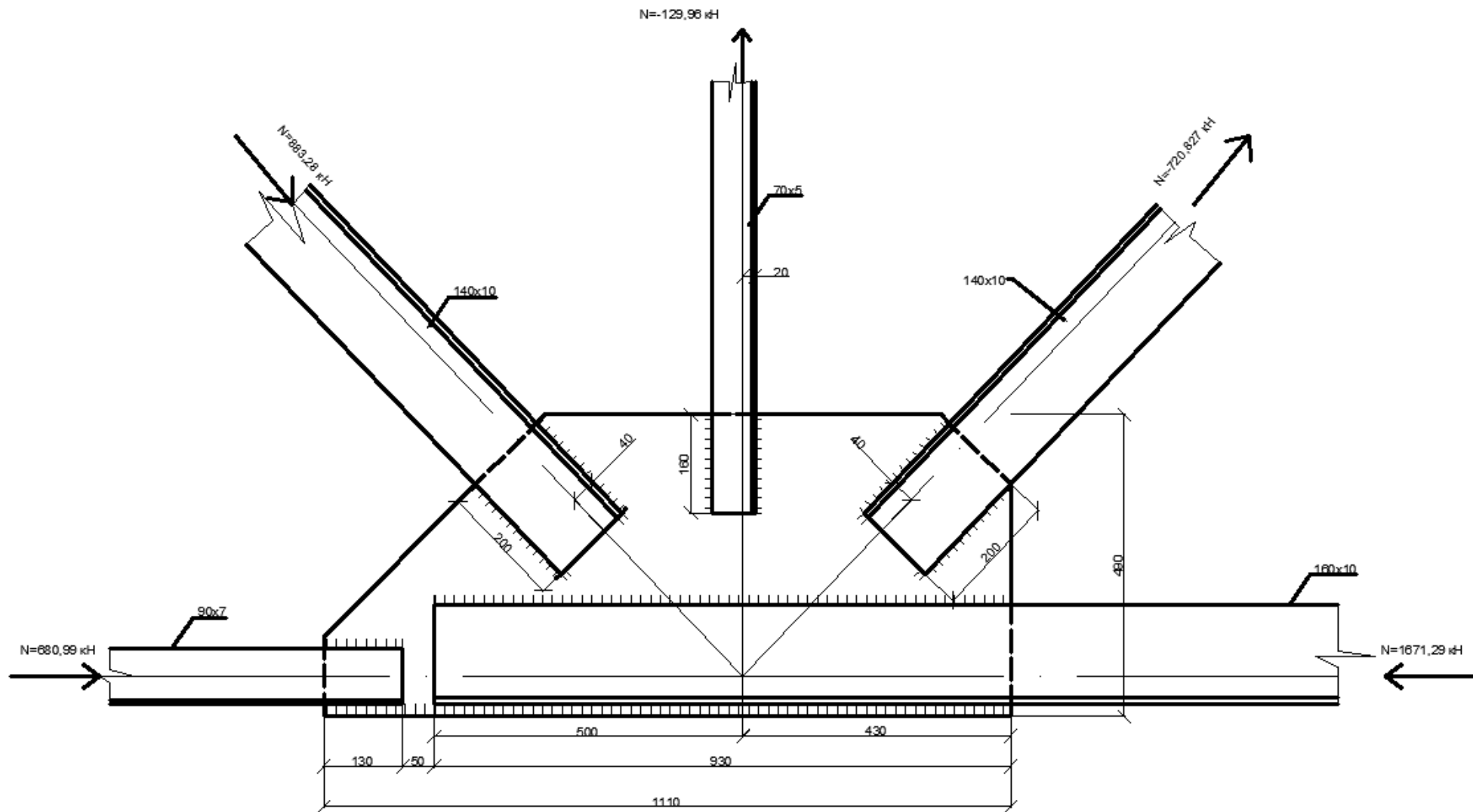


Рисунок 30 – Нижний промежуточный узел

Расчет сварного углового шва:

Таблица 37- Расчет сварного углового шва

По металлу шва	По металлу границы сплавления
$\tau_w$	$\tau_w$
5,138582888	4,915166241
$R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c;$	$R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c;$
20,425	23,085

Условие выполняется.

### 2.4.3.5 Расчет верхнего промежуточного узла (узел 5)

Таблица 38- Данные для расчета верхнего промежуточного узла

Дано:									
$n_{шв}, \text{шт}$	$\beta_f$	$\beta_z$	$R_{wf}, \text{кН/см}^2$	$R_{wz}, \text{кН/см}^2$	$R_{un}, \text{кН/см}^2$	$\gamma_{wf}$	$\gamma_{wz}$	$\gamma_c$	$\alpha$
2	1,1	1,15	21,5	24,3	54	1	1	0,95	0,7

Длина швов, крепящих восходящий раскос к фасонке:

Таблица 39- Длина швов, крепящих восходящий раскос

Расчет восходящего раскоса 140x10			
По обушку		По перу	
$l_w, \text{см}$	$l_w, \text{см}$	$l_w, \text{см}$	$l_w, \text{см}$
12,22909	18,50341	5,812466	5,072815
Приним.	30	Приним.	30
$K_f \text{ max}$	$K_f, \text{см}$	$K_f \text{ min}$	t
1,2	1,0	0,8	1,0

Принимаем  $l_w = 30\text{см}$ .

Длина швов, крепящих нисходящий раскос к фасонке:

Таблица 40- Длина швов крепящий нисходящий раскос

Расчет нисходящего раскоса 125x8			
По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
11,29099	9,709317	5,410424	4,732565
Приним.	31	Приним.	31
$K_f \max$	$K_f$ , см	$K_f \min$	t
1,01,2	0,8	0,6	0,8

Принимаем  $l_w = 31$ см.

Длина швов, крепящих верхний пояс к фасонке:

Таблица 41- Данные для расчета

Дано:				
$N_1$ (140x10), кН	$N_2$ (180x11), кН	$P_{\text{пост.}}$ , кН	$P_{\text{снет}}$ , кН	S, кН
-1238,52	-1980,59	54,36	75,6	753,3657

Таблица 42- Расчет крепления верхнего пояса

Расчет верхнего пояса			
По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
11,66907	10,02929	5,572457	4,869695
Приним.	95	Приним.	95
$K_f \max$	$K_f$ , см	$K_f \min$	t
1,3	1,1	0,9	1,1

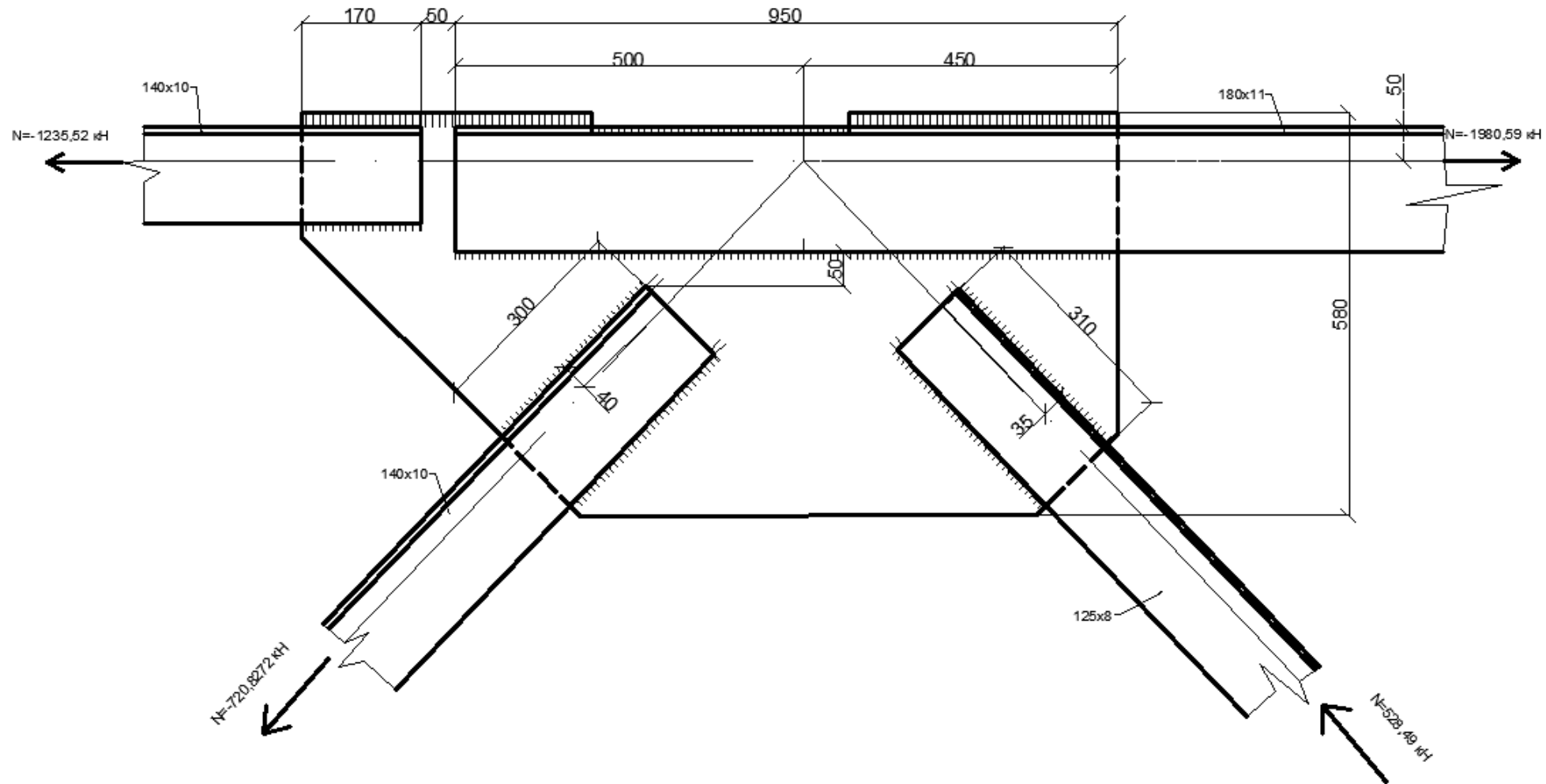


Рисунок 31 – Верхний промежуточный узел

Таблица 43- Расчет сварного углового шва

По металлу шва	По металлу границы сплавления
$\tau_w$	$\tau_w$
3,794337	3,629366
$R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c;$	$R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c;$
20,425 кН/см <sup>2</sup>	23,085 кН/см <sup>2</sup>

Условие выполняется.

Таблиц 44 – Расчет катета шва

По обушку		По перу	
$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$
0,123537	0,10455	0,052944	0,044807

Принимаем  $k_f = 7 \text{ мм}$ .

### 2.4.3.6 Стыки отправочных марок (узел 5).

Таблица 45- Данные для расчета

Дано:									
$n_{шв}, \text{ шт}$	$\beta_f$	$\beta_z$	$R_{wf}, \text{ кН/см}^2$	$R_{wz}, \text{ кН/см}^2$	$R_{un}, \text{ кН/см}^2$	$\gamma_{wf}$	$\gamma_{wz}$	$\gamma_c$	$\alpha$
2	1,1	1,15	21,5	24,3	54	1	1	0,95	0,7

Длина швов, крепящих нисходящий раскос к фасонке:

Таблица 46- Расчет шва, крепящий нисходящий раскос

Расчет нисходящего раскоса 125x8			
По обушку		По перу	
$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$	$l_w, \text{ см}$
11,29099	17,04114	5,410424	4,732565
Приним.	23	Приним.	23
Kf max	Kf, см	Kf min	t
1,0	0,8	0,6	0,8

Принимаем  $l_{\omega} = 23 \text{ см}$ .

Длина швов, крепящих стойку к фасонке:

Таблица 47- Расчет шва, крепящий стойку

Расчет стойки 70x5			
По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
4,374207	3,855609	2,446089	2,223833
Приним.	13,5	Приним.	13,5
Kf max	Kf, см	Kf min	t
0,7	0,6	0,3	0,5

Принимаем  $l_w = 13,5$ см.

Длина швов, крепящих нижний пояс к фасонке:

Таблица 48 – Расчет шва, крепящий нижний пояс

Расчет нижнего пояса 160x10			
По обушку		По перу	
$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см	$l_w$ , см
24,66853	21,0308	11,14366	9,584629
Приним.	26	Приним.	26
Kf max	Kf, см	Kf min	t
1,2	1,1	0,8	1,0

Принимаем  $l_w = 26$ см.



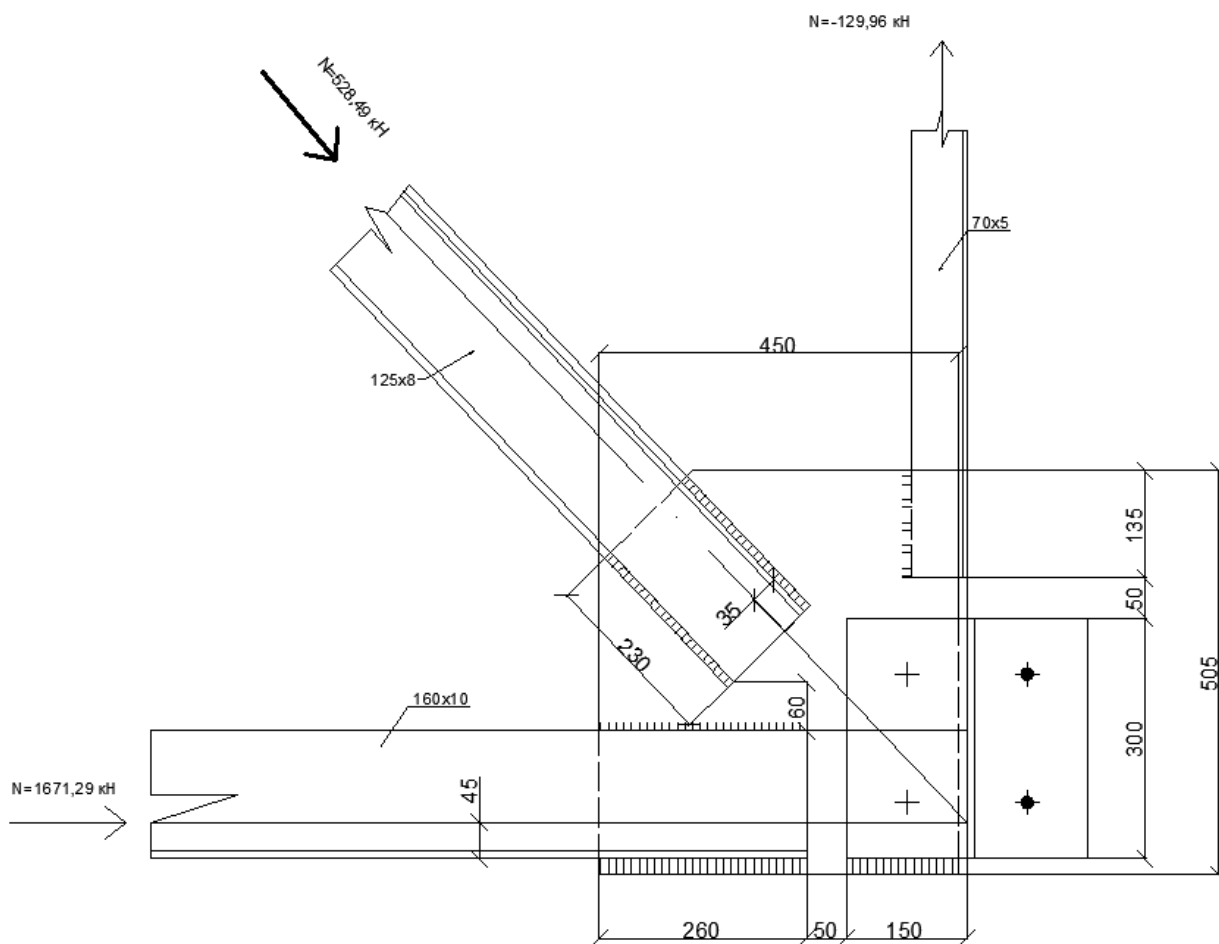


Рисунок 32 – Стык отправочных марок

## 2.5. Расчет ступенчатой колонны промышленного здания

Требуется подобрать сечение сплошной верхней и сквозной нижней частей колонны одноэтажного промышленного здания (ригель имеет жесткое сопряжение с колонной). Расчетные усилия указаны в п. 3.

Исходные данные:

- Расчетные усилия для верхней части колонны

В сечении 1 – 1 при сочетании 1,2,4,5,8:

$$N_g = -549,982 \text{ кН}; M_g = -842,288 \text{ кН} \cdot \text{м}; Q_g = -133,559 \text{ кН}.$$

В сечении 2 – 2 при том же сочетании нагрузок (1, 2, 4, 5, 8):

$$M = -145,8614 \text{ кН} \cdot \text{м}. N = -566,874 \text{ кН}$$

Для нижней части колонны в сечении 3-3 при том же сочетании нагрузок (1, 2, 4, 5, 8):

$$N_H = -1034,49 \text{ кН}, M_H = -254,516 \text{ кН}.$$

$$e = \frac{M_B}{N_B} \quad (70)$$

$$e = \frac{842,288}{549,982} = 1,53 \text{ м} = 153 \text{ см};$$

- Расчетные усилия для нижней части колонны

Для подкрановой ветви:  $N_1 = -1650,77 \text{ кН}; M_1 = -1088,25 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

Для наружной ветви:  $N_2 = -1097,5 \text{ кН}; M_2 = 1509,47 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

Определение расчетных длин колонны:

Расчетные длины верхней и нижней частей колонны в плоскости рамы:

$$l_{x1} = \mu_1 \cdot l_1, \text{ см}; \quad (71)$$

$$l_{x2} = \mu_2 \cdot l_2, \text{ см}, \quad (72)$$

где  $l_1, l_2$  – высоты нижней и верхней частей колонны соответственно (смотреть рисунок 33).

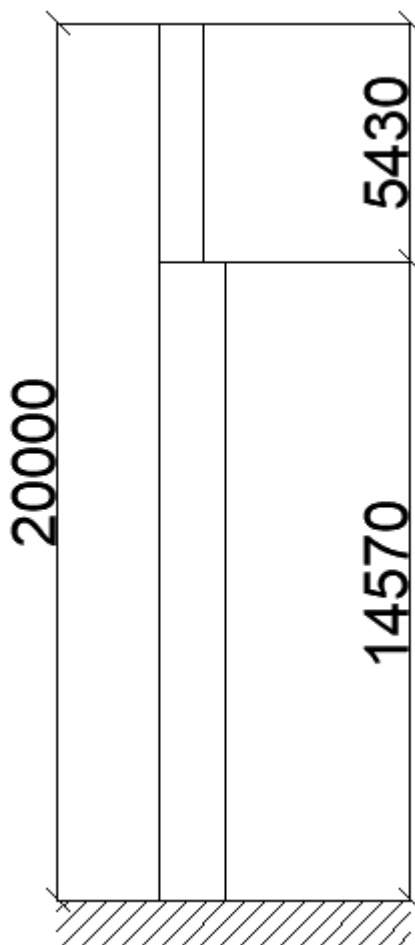


Рисунок 33 – Схема одноступенчатой колонны

Так как  $\frac{H_g}{H_n} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{5,43}{14,57} = 0,37 < 0,6$

$\beta = \frac{N_g + N_n}{N_g} = \frac{549,982 + 1034,49}{549,982} = 2,88$ , то  $\mu_1$  определяется по таблице 68 [3] в

зависимости от  $\alpha_1$  и  $n = \frac{J_2 \cdot l_1}{l_2 \cdot J_1}$ .

При этом:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1}, \quad (73)$$

где  $\alpha_1 = \frac{l_2}{l_1} \cdot \sqrt{\frac{J_1}{J_2 \cdot \beta}} = \frac{5,43}{14,57} \cdot \sqrt{\frac{40}{4 \cdot 2,88}} = 0,694;$

.Расчет:

$$n = \frac{4 \cdot 14,57}{40 \cdot 5,43} = 0,26;;$$

$$\mu_1 = 1,904$$

$$\mu_2 = \frac{1,904}{0,694} = 2,74;$$

$$l_{efx1} = \mu_1 \cdot l_1 \tag{74}$$

$$l_{efx1} = 1,904 \cdot 14,57 = 27,74 \text{ м}; ;$$

$$l_{efx2} = \mu_2 \cdot l_2 \tag{75}$$

$$l_{efx2} = 2,74 \cdot 5,43 = 14,87 \text{ м};$$

Расчетные длины верхней и нижней частей колонны из плоскости рамы:

$$l_{efy1} = l_1 = 14,57 \text{ м}; \tag{76}$$

$$l_{efy2} = l_2 - h_{н.б.} = 5,43 - 1,5 = 3,93 \text{ м}. \tag{77}$$

## 2.5.1 Расчет верхней части колонны

### 2.5.1.1 Подбор сечения верхней части колонны

Сечение верхней части колонны принимаем в виде сварного двутавра  $h_g = 500$  мм. Сечение верхней части колонны представлено на рисунке 34.

Требуемая площадь сечения:

$$A_{\text{тр}} = \frac{N_B}{R_y \cdot \gamma_c} \left( 1,25 + 2,2 \frac{e}{b_B} \right) = \frac{549,982}{38 \cdot 1,1} \left( 1,25 + 2,2 \frac{153}{50} \right) = 105,022 \text{ см}^2; \quad (78)$$

$$e = \frac{M_B}{N_B} = \frac{764,688}{528,913} = 1,53 \text{ м} = 153 \text{ см}; \quad (79)$$

$$A_{\phi} = h_w \cdot t_w + 2 \cdot b \cdot t = 47,6 \cdot 1 + 2 \cdot 40 \cdot 1,2 = 143,6 \text{ см}^2; \quad (80)$$

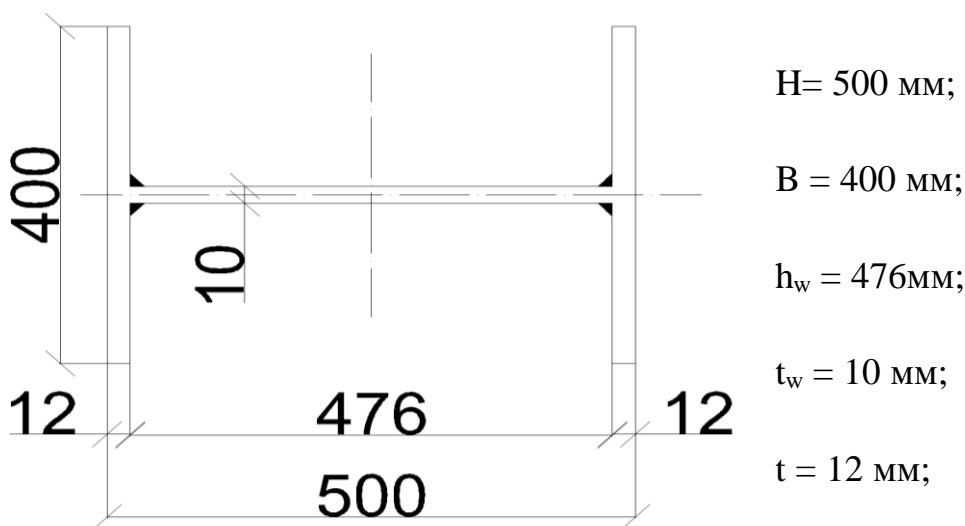


Рисунок 34 – Сечение верхней части колонны

### 2.5.1.2 Определение геометрических характеристик

Расчетная площадь сечения:

$$A_{\phi} = 143,6 \text{ см}^2;$$

Момент инерции относительно оси «х»:

$$J_x = \frac{h_w^3 \cdot t_w}{12} + 2 \left[ \frac{t^3 \cdot b}{12} + t \cdot b \left( \frac{h_w}{2} + \frac{t}{2} \right)^2 \right] = \frac{47,6^3 \cdot 1}{12} + 2 \left[ \frac{1,2^3 \cdot 40}{12} + 1,2 \cdot 40 \left( \frac{47,6}{2} + \frac{1,2}{2} \right)^2 \right] = 66153,66 \text{ см}^4. \quad (81)$$

Момент сопротивления:

$$W_x = \frac{66153,66}{25} = 2646,14 \text{ см}^3. \quad (82)$$

Радиус инерции относительно оси «х»:

$$i_x = \sqrt{\frac{66153,66}{143,6}} = 21,46 \text{ см}. \quad (83)$$

Радиус инерции относительно оси «у»:

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} = \sqrt{\frac{21787,51}{143,6}} = 12,31 \text{ см}; \quad (84)$$

Момент инерции относительно оси «у»:

$$J_y = \frac{h_w \cdot t_w^3}{12} + 2 \frac{b^3 \cdot t}{12} = \frac{47,6 \cdot 1}{12} + 2 \frac{40^3 \cdot 1,2}{12} = 21787,51 \text{ см}^4; \quad (85)$$

### 2.5.1.3 Определение местной устойчивости поясов

Из условия устойчивости верхней части колонны из плоскости действия момента ширина полки. Из условия местной устойчивости полки:

$$\frac{b_{ef}}{t} \leq (0,36 + 0,1 \cdot \bar{\lambda}_x) \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}}, \quad (86)$$

где  $b_{ef} = \frac{s-t_w}{2} = \frac{40-1}{2} = 19,5$  см – расчетная ширина свеса поясного листа;

$$\left[ \frac{b_{ef}}{t} \right] = (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{R_y}} = (0,36 + 0,1 \cdot 0,24) \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{38}} = 28,27; \quad (87)$$

$$\bar{\lambda} = \left( \frac{l_{ef}}{i_x} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \left( \frac{393}{21,46} \right) \cdot \sqrt{\frac{38}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,24; \quad (88)$$

$$\frac{b_{ef}}{t} = \frac{19,5}{1,2} < \left[ \frac{b_{ef}}{t} \right] = 28,27 \quad (89)$$

#### 2.5.1.4 Проверка местной устойчивости стенки

Верхняя часть колонны работает на сжатие с изгибом. Расчетными усилиями являются изгибающий момент и продольная сила.

$\lambda_w \leq \frac{h_w}{t_w} \leq [\lambda_w]$  - фактическая гибкость;

$$\alpha = \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma} = \frac{3,94 - 3,42}{3,94} = 0,161; \quad (90)$$

Следовательно, гибкость определяем по [4, т.9]

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{J_x/0,5h_w} \cdot \frac{h_w}{h} = \frac{549,982}{143,6} + \frac{842,288}{66153,66/0,5 \cdot 47,6} \cdot \frac{47,6}{50} = 4,11 \text{ кН/см}^2; \quad (91)$$

$$\sigma_1 = \frac{N}{A} - \frac{M}{J_x/0,5h_w} \cdot \frac{h_w}{h} = \frac{549,982}{143,6} - \frac{842,288}{66153,66/0,5 \cdot 47,6} \cdot \frac{47,6}{50} = 3,54 \text{ кН/см}^2; \quad (92)$$

$$\bar{\lambda} = \left( \frac{l_{ef}}{i_x} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \left( \frac{393}{21,46} \right) \cdot \sqrt{\frac{38}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,24; \quad (93)$$

$$\bar{\lambda}_w = 0,24 \leq 2; [\bar{\lambda}_w] = 1,3 + 0,15 \bar{\lambda}_w^2 = 1,3 + 0,15 \cdot 0,24^2 = 1,308 \quad (94)$$

Стенку верхней части колонны не следует укреплять дополнительным ребром жесткости.

### 2.5.1.5 Проверка общей устойчивости из плоскости действия момента

$$\sigma = \frac{N_B}{\varphi_y \cdot c \cdot A_\phi} \leq R_y \cdot \gamma_c; \quad (95)$$

Так как  $\lambda_y = \frac{l_{efy2}}{L_y} = \frac{393}{12,31} = 31,92$ , То  $\varphi_y = 0,908$ ;

$$m_1 = \frac{M_1 \cdot A_\phi}{N \cdot W_x} = \frac{512,9 \cdot 143,6}{528,913 \cdot 26,4614} = 5,26; \quad (96)$$

$M_1$  – максимальный момент в пределах средней трети длины верхней части колонны. Эпюры моментов представлены на рисунке 35.

$$M_1 \max \begin{cases} \frac{M_{1-1}}{2} = \frac{842,288}{2} = 421,144 \text{ кНм} \\ M_{\frac{1}{3}h} = 512,9 \text{ кНм} \end{cases}; \quad (97)$$



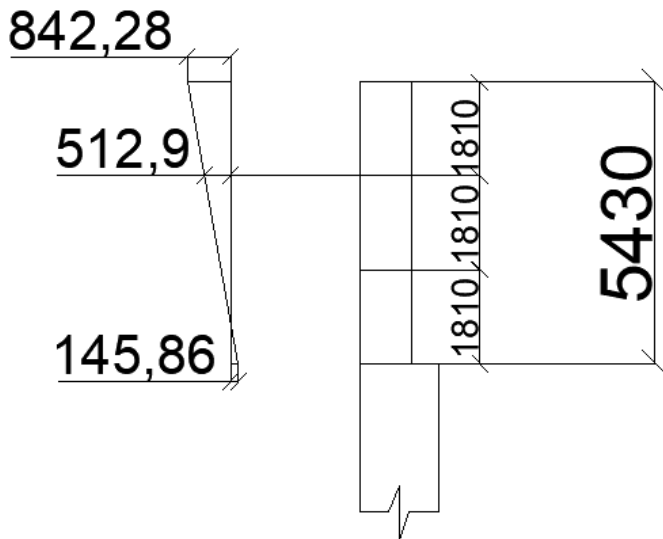


Рисунок 35– Эпюра моментов для верхней части колонны

Коэффициент  $c_1$  определяем по [4, п. 9.2.5]:

$$c_1 = c_s(2 - 0,2m_x) + c_{10}(0,2m_x - 1); \quad (98)$$

$$c = 0,177(2 - 0,2 \cdot 5,26) + 0,202(0,2 \cdot 5,26 - 1) = 0,1783 \quad (99)$$

$$c_s = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot m_x} = \frac{0,978}{1 + 0,9 \cdot 5,26} = 0,177; \quad (100)$$

$$c_{10} = \frac{1}{1 + \frac{m_x \cdot \varphi_y}{\varphi_b}} = \frac{1}{1 + \frac{10 \cdot 0,908}{3,21}} = 0,202; \quad (101)$$

$$\alpha = 0,65 + 0,05m_x = 0,65 + 0,05 \cdot 5 = 0,9; \quad (102)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{efy}}{i_y} = \frac{14,57}{12,31} = 1,18; \quad (103)$$

$$\lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 3,14 \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{380}} = 72,93 \quad (104)$$

$$\varphi_b = \psi \frac{J_y}{J_x} \left( \frac{h}{l_{ef}} \right)^2 \frac{E}{R_y} = 1,1 \cdot \frac{21787,51}{66153,66} \cdot \left( \frac{0,5}{14,57} \right)^2 \cdot \frac{2,06 \cdot 10^5}{38} = 2,31 \quad (105)$$

$$\varphi_y = 0,908;$$

$$\sigma = \frac{549,982}{0,908 \cdot 0,1783 \cdot 143,6} = 23,65 \text{ кН/см}^2 \leq 38 \text{ кН/см}^2. \quad (106)$$

Общая устойчивость верхней части колонны обеспечена.

### 2.5.1.6 Проверка общей устойчивости в плоскости действия момента

$$\sigma = \frac{N_B}{\varphi_e \cdot A_\Phi} \leq R_y \cdot \gamma_c; \quad (107)$$

$$\bar{\lambda} = \left( \frac{l_{ef2}}{i_{x2}} \right) \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{393}{21,46} \cdot \sqrt{\frac{38}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,24; \quad (108)$$

$$m_{ef} = \eta \cdot m = 1,395 \cdot 8,3 = 11,57; \quad (109)$$

где  $\bar{\lambda}$  – условная гибкость;

$m_{ef}$  – приведенный относительный эксцентриситет;

$\eta$  – коэффициент влияния формы поперечного сечения, [4, прил.Д табл. Д.2];

$m$  – величина относительного эксцентриситета.

$$\frac{A_f}{A_w} > 1, \Rightarrow m = e \cdot \frac{A}{W_x} = \frac{M}{N} \cdot \frac{A}{W_x} = 153 \cdot \frac{143,6}{2646,14} = 8,3; \quad (110)$$

Т.к. выполняется условие  $5 < m < 20$ ,  $5 < 8,3 < 20$  и  $\frac{A_f}{A_w} \geq 1$ , то

$$\eta = 1,4 - 0,02 \cdot \bar{\lambda}; \quad (111)$$

$$\eta = 1,4 - 0,02 \cdot 0,24 = 1,395;$$

Так как  $\bar{\lambda} = 0,24$  и  $m_{ef} = 8,3; \varphi_e = 0,75$ .

$$\sigma = \frac{549,982}{0,75 \cdot 143,6} = 5,1 \text{ кН/см}^2 < 38 \cdot 1 = 38 \text{ кН/см}^2. \quad (112)$$

## 2.5.2 Расчет нижней части колонны

### 2.5.2.1 Компоновка сечения нижней части колонны

Ширина нижней части колонны определяется расстояние между наружной гранью и осью подкрановой ветви.

Ориентировочные усилия в ветвях колонны:

$$N_{\varepsilon} = \frac{N}{2} + \frac{M}{b_n}, \text{ кН}, \quad (113)$$

где  $M, N$  – расчетные усилия в нижней части колонны;

$b_n$  – высота сечения нижней части колонны.

- подкрановая ветвь по формуле 113:

$$N_{\varepsilon 1} = \frac{1650,7}{2} + \frac{1088,25}{1} = 1913,6 \text{ кН};$$

- наружная ветвь по формуле 113:

$$N_{\varepsilon 2} = \frac{1097,5}{2} + \frac{1509,47}{1} = 2058,22 \text{ кН}.$$

Ветви нижней части колонны работают на центральное сжатие. Поэтому требуемые площади ветвей можно найти из условия устойчивости:

$$A_{\text{тр}} = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c}, \text{ см}^2, \quad (114)$$

где  $N$  – расчетные усилия в нижней части колонны;  
 $\varphi = 0,7 \div 0,8$  – коэффициент продольного изгиба;  
 $R_y$  – расчетное сопротивление, [3, таб. 51\*],

$R_y = 38 \text{ МПа}$  – марка стали С390

- подкрановая ветвь по формуле 114:

$$A_{B1} = \frac{1913,6}{0,8 \cdot 38 \cdot 1} = 63 \text{ см}^2;$$

- наружная ветвь по формуле 114:

$$A_{B2} = \frac{2058,22}{0,8 \cdot 38 \cdot 1} = 67,7 \text{ см}^2.$$

### 2.5.2.2 Определение геометрических характеристик принятого сечения

Сечение подкрановой ветви принимаем двутавр 45Б1.

Геометрические характеристики двутавра 45Б1:

$A_{B1} = 84,3 \text{ см}^2$ ;  $h = 44,6 \text{ см}$ ;  $b = 19,9 \text{ см}$ ;  $S = 0,8 \text{ см}$ ;  $t = 1,2 \text{ см}$ ;

$R = 1,8 \text{ см}$ ;  $J_x = 28699 \text{ см}^4$ ;  $J_y = 1579,7 \text{ см}^4$ ;  $W_x = 1287 \text{ см}^3$ ;

$i_x = 18,45 \text{ см}$ ;  $i_y = 4,33 \text{ см}$ .

Наружную ветвь принимаем в виде составного сечения из двух уголков и листа. Компонуем наружную ветвь из двух уголков - 125\*12 и листа - 400\*16.

Геометрические характеристики уголка 125\*12 (см. рисунок 36).

: $A = 28,89 \text{ см}^2$ ;  $J_x = J_y = 422,23 \text{ см}^4$ ;  $i_x = i_y = 3,82 \text{ см}$ ;  $z_0 = 3,53 \text{ см}$ .

Характеристики наружной ветви:

$$A_{B2} = 40 \cdot 1,6 + 28,89 \cdot 2 = 121,78 \text{ см}^2;$$

$$J'_2 = J_{xc} = \frac{1,6 \cdot 40^3}{12} + 2 \cdot (422,23 + 28,89 \cdot 18,77^2) = 29734,43 \text{ см}^4; \quad (115)$$

$$J_2 = J_{yc} = \left( \frac{40 \cdot 1,6^3}{12} + 40 \cdot 1,6 \cdot 2,2^2 \right) + 2 \cdot (422,23 + 28,89 \cdot 2,13^2) = 1430,01 \text{ см}^4; \quad (116)$$

$$i'_2 = i_x = \sqrt{\frac{29734,43}{121,78}} = 15,6 \text{ см}; \quad (117)$$

$$i_2 = i_y = \sqrt{\frac{1430,01}{121,78}} = 3,43 \text{ см}; \quad (118)$$

Расстояние от центра тяжести наружной ветви до края наружного листа:

$$z_0 = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} = \frac{(40 \cdot 1,6 \cdot 0,8 + 2 \cdot 28,89 \cdot (1,6 + 3,53))}{121,78} = 2,87 \text{ см} \approx 3 \text{ см}. \quad (119)$$

Уточняем положение центра тяжести всего сечения нижней части колонны и находим точные значения расчетных усилий в ветвях.

$$h_0 = B_H - z_0 = 100 - 3 = 97 \text{ см}; \quad (120)$$

$$y_2 = \frac{A_{B2} \cdot h_0}{A_{B2} + A_{B1}} = \frac{121,78 \cdot 97}{84,3 + 121,78} = 57,2 \text{ см} \approx 57 \text{ см}; \quad (121)$$

$$y_1 = h_0 - y_2 = 97 - 57 = 40 \text{ см}. \quad (122)$$

Точные значения расчетных усилий в ветвях:

$$N_B = \frac{N \cdot y}{h_0} + \frac{M}{h_0}. \quad (123)$$

- подкрановая ветвь по формуле 123:

$$N_{B1} = \frac{1650,7 \cdot 57}{97} + \frac{108825}{97} = 2091,9 \text{ кН}.$$

- наружная ветвь по формуле 123:

$$N_{B2} = \frac{1097,5 \cdot 40}{97} + \frac{150947}{97} = 2008,73 \text{ кН};$$

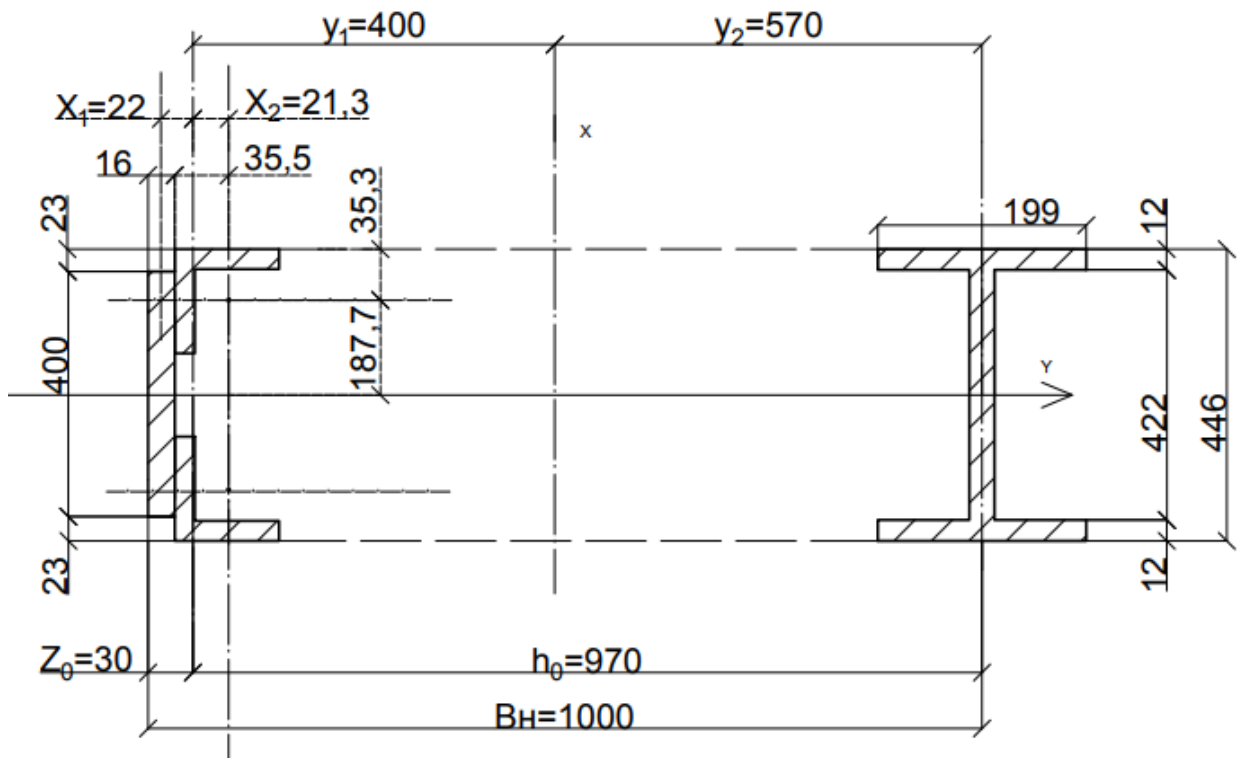


Рисунок 36-Сечение нижней части колонны

### 2.5.2.3 Проверка устойчивости ветвей колонны

Подкрановая ветвь

$$\sigma = \frac{N_{\epsilon 1}^{\text{уточ}}}{\varphi_{x1} \cdot A_{\epsilon 1}} \leq R_y \cdot \gamma_c; \quad (124)$$

Наружняя ветвь

$$\sigma = \frac{N_{B2}^{\text{уточ}}}{\varphi_{x2} \cdot A_{B2}} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (125)$$

где  $N_{\epsilon 1}, N_{\epsilon 2}$  - точные значения расчетных усилий в ветвях;

$A_{\epsilon 1}, A_{\epsilon 2}$  - расчетные площади ветвей.

Расчетная длина ветвей колонны в плоскости рамы принимается равной расстоянию между узлами решетки (см. рисунок 37).

Согласно [3, п. 5.6] гибкость отдельных ветвей между узлами должна быть не более 80. Тогда:

Рациональный угол наклона раскосов равен  $45^\circ$ .

На основании этого примем расстояние между узлами решетки 100 см

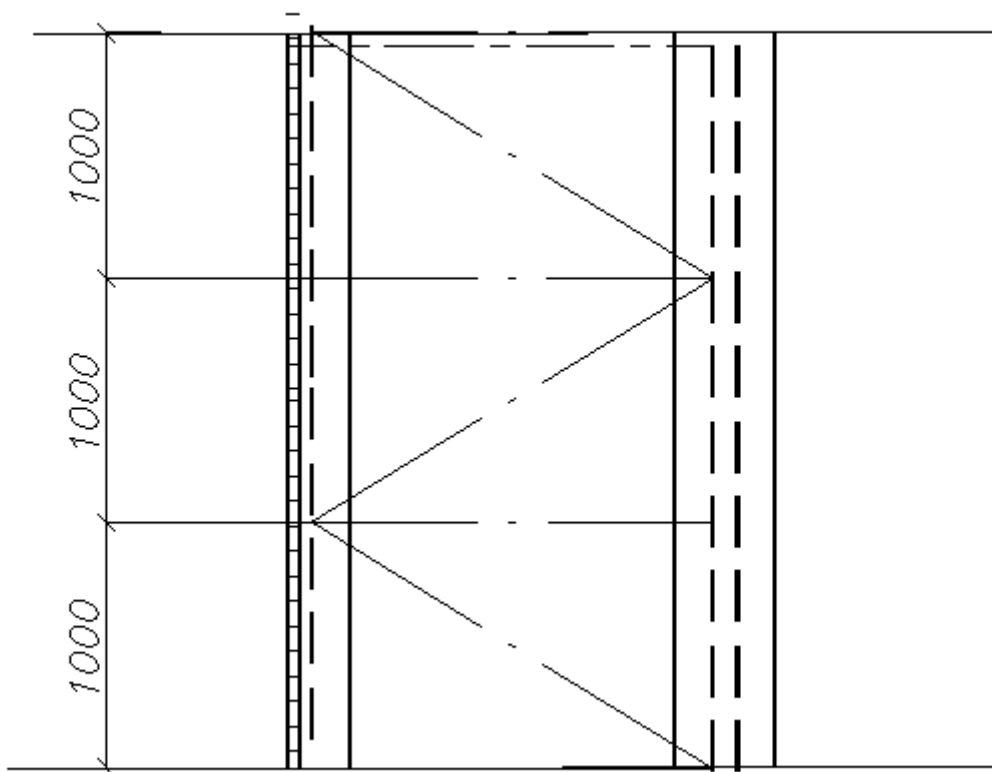


Рисунок 37-Раскосы в нижней части колонны

Расчетная длина ветвей из плоскости рамы равна геометрической длине нижней части колонны.

Проверка устойчивости ветвей в плоскости рамы:

- подкрановая ветвь по формуле:

$$\lambda_{x1} = \frac{l}{i_{x1}} = \frac{100}{4,33} = 23,09; \quad (126)$$

$$\varphi_{x1} = 0,952;$$

$$\sigma = \frac{2091,9}{0,952 \cdot 84,3} = 26,06 \text{ кН/см}^2 \leq 38 \cdot 1;$$

$$26,06 \text{ кН/см}^2 < 38 \text{ кН/см}^2.$$

- наружная ветвь:

$$\lambda_{x2} = \frac{l}{i_{x2}} = \frac{100}{3,82} = 29,15; \quad (127)$$

$$\varphi_{x2} = 0,934;$$

$$\sigma = \frac{2008,73}{0,934 \cdot 121,78} = 17,6 \text{ кН/см}^2 \leq 38 \cdot 1;$$

$$17,6 \text{ кН/см}^2 < 38 \text{ кН/см}^2.$$

Проверка устойчивости ветвей из плоскости рамы:

- подкрановая ветвь:

$$\lambda_{y1} = \frac{l_{efy1}}{i'_{y1}} = \frac{1457}{18,45} = 78,97 \text{ кН/см}^2; \quad (128)$$

$$\varphi_{y1} = 0,552;$$

$$\sigma = \frac{2091,9}{0,552 \cdot 84,3} = 35 \text{ кН/см}^2 \leq 38 \cdot 1;$$

$$35 \text{ кН/см}^2 < 38 \text{ кН/см}^2.$$

- наружная ветвь:

$$\lambda_{y2} = \frac{l_{efy1}}{i'_{y2}} = \frac{1457}{15,6} = 93,4 \text{ кН/см}^2; \quad (129)$$

$$\varphi_{y2} = 0,462;$$



$$\sigma = \frac{2008,73}{0,462 \cdot 121,78} = 35,7 \text{ кН/см}^2 \leq 38 \cdot 1;$$

$$34,2 \text{ кН/см}^2 < 38 \text{ кН/см}^2.$$

#### 2.5.2.4 Расчет соединительной решетки

Раскосы решетки следует рассчитывать на большую из поперечных сил: фактическую или условную, а стойки – на условную. Наибольшая поперечная сила из таблицы комбинаций  $Q_{max} = -139,126$  кН. Условная поперечная сила определяется согласно [4, п. 7.2.7].

Предварительно определяем геометрические характеристики всего сечения колонны:

$$A = A_{B1} + A_{B2} = 84,3 + 121,78 = 206,08 \text{ см}^2; \quad (130)$$

$$J_y = J'_1 + J'_2 = 28699 + 29734,43 = 58433,43 \text{ см}^4; \quad (131)$$

$$J_x = J_2 + A_{B2} \cdot y_2^2 + J_1 + A_{B1} \cdot y_1^2 = 1430,01 + 121,78 \cdot 40^2 + 1579,7 \cdot 84,3 \cdot 57^2 = 471748,41 \text{ см}^4; \quad (131)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} = \sqrt{\frac{58433,43}{206,08}} = 16,83 \text{ см}; \quad (132)$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{471748,41}{206,08}} = 47,84 \text{ см}; \quad (133)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{y1}}{i_y} = \frac{1457}{16,83} = 86,5$$

$$\varphi_y = 0,507;$$

$$\lambda_x = \frac{l_{x1}}{i_x} = \frac{2774}{47,84} = 57,98;$$

$$\varphi_x = 0,742;$$

Условная поперечная сила:

$$Q_{\text{усл}} = 7,15 \cdot 10^{-6} \left( 2330 \cdot \frac{E}{R_y} \right) \frac{N}{\varphi}, \text{ кН}, \quad (134)$$

где  $\varphi = 0,7-0,8$

N- продольное усилие в сквозном сечении ( сечение 4-4) по формуле 134.

$$Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} \left( 2330 - \frac{2,06 \cdot 10^5}{38} \right) \frac{-1097,5}{0,8} =$$

$$= 30,32 \text{ кН}.$$

Так как  $Q_{fic} < Q_{max}$ , то за расчетное усилие принимаем  $Q_{max}$ .

Усилие в раскосе от поперечной силы:

$$N_d = \frac{Q_{max}}{2 \cdot \sin 45^\circ} = \frac{-139,126}{2 \cdot \sin 45^\circ} = 81,83 \text{ кН}; \quad (135)$$

Из условия устойчивости центрально сжатого стержня найдем требуемую площадь:

$$A_{гр} = \frac{N_d}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{81,83}{0,8 \cdot 38 \cdot 0,75} = 3,58 \text{ см}^2. \quad (136)$$

Принимаем для раскосов уголок 70\*7.

Геометрические характеристики уголок 70\*7:

$$A_{\text{факт}} = 9,42 \text{ см}^2; i_{min} = 1,37 \text{ см}; z = 1,99 \text{ см} \quad l_p = \frac{l}{\sin 45^\circ} = \frac{100}{\sin 45^\circ} = 141,4;$$

$$\lambda_{max} = \frac{l_p}{i_{min}} = \frac{141,4}{1,37} = 103,2; \varphi = 0,370. \quad (137)$$

Проверка устойчивости раскоса:

$$\sigma = \frac{N_d}{\varphi \cdot A_{\text{факт}}} = \frac{81,83}{0,370 \cdot 9,42} = 23,48 \text{ кН/см}^2 \leq R_y \cdot \gamma_c = 38 \cdot 0,75 = 28,5 \text{ кН/см}^2.$$

Определяем требуемую площадь стойки:

$$A_{\text{тр}} = \frac{Q_{fic}}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{30,32}{0,8 \cdot 38 \cdot 0,75} = 1,32 \text{ см}^3. \quad (139)$$

Определим требуемый радиус инерции сечения стойки из условия предельной гибкости, согласно [4, таб. 25]  $[\lambda] = 120$  (из условия сжатия стойки):

$$i_{\min} = \frac{l}{[\lambda]} = \frac{100}{120} = 0,83 \text{ см}. \quad (140)$$

Принимаем для стойки уголок 70\*7.

Геометрические характеристики уголок 70\*7:

$$A_{\text{факт}} = 9,42 \text{ см}^2; i_{\min} = 1,37 \text{ см}; z = 1,99; \lambda_{\max} = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{100}{1,37} = 72,99; \varphi = 0,615.$$

Проверка устойчивости раскоса:

$$\sigma = \frac{Q_{fic}}{\varphi \cdot A} = \frac{30,32}{0,615 \cdot 9,42} = 5,32 \text{ кН/см}^2 \leq R_y \cdot \gamma_c = 38 \cdot 0,75 = 28,5 \text{ кН/см}^2. \quad (150)$$

### 2.5.2.5 Расчет базы колонны

В сквозных колонна при большой ширине принимают, как правило, отдельные базы, являющиеся достаточно экономичными и удобными в изготовлении. Ветви сквозной колонны работают на продольные осевые силы,

поэтому расчет и конструирование отдельных баз проводится так же, как и без центрально сжатых колонн (см. рисунок 38).

Рассчитываем базу подкрановой ветви нижней части колонны. Требуемая площадь базы определяется по усилию в ветви колонны.

$$A_{\text{пл}}^{\text{тр}} = \frac{N_{\text{в}}^{\text{уточ}}}{R_{\phi}} = \frac{2091,9}{1,02} = 2050,88 \text{ см}^2, \quad (160)$$

где  $R_{\phi} = 1,2 \cdot R_{\text{пр}}^{\text{б}} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 \text{ кН/см}^2$ .

$$L_{\text{пл}} \geq b_{\text{к}} + 2 \cdot c_2 = 44,6 + 2 \cdot 7,7 = 60 \text{ см}, \quad (161)$$

Примем плиту площадью 60\*52 см, тогда:

$$q_{\phi} = \frac{N_{\text{в}}^{\text{уточ}}}{A_{\text{пл}}^{\phi}} = \frac{2091,9}{3120} = 0,67 \text{ кН/см}^2. \quad (162)$$

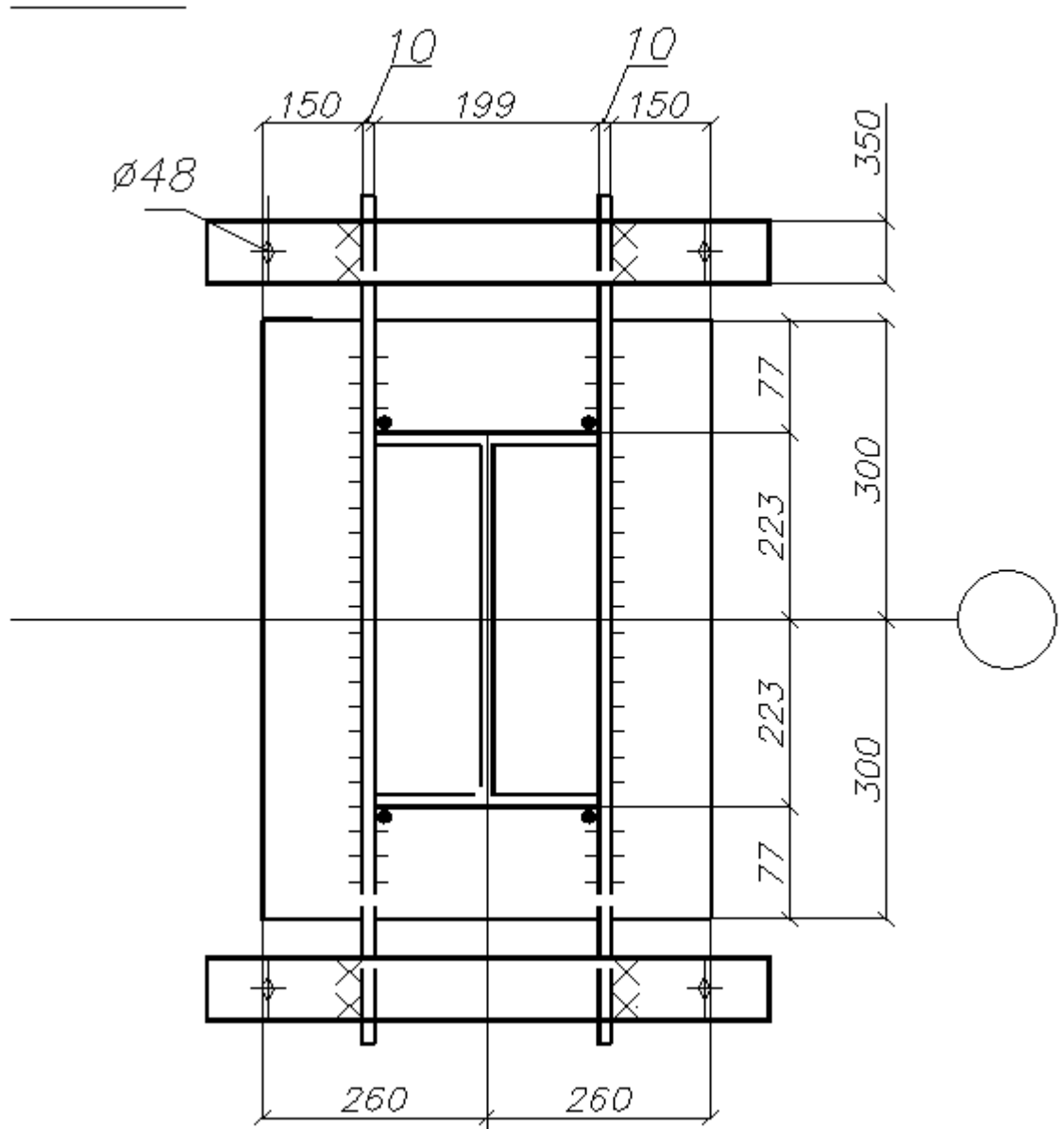


Рисунок 38 – Конструкция базы колонны

Изгибающий момент на первом участке плиты (окаймленный по четырем сторонам) (смотреть рисунок 40) ( $b/a = 44,6/9,95 > 2$ ) определяется как для балки:

$$M_1 = \frac{q_{\phi} \cdot a^2}{8} = \frac{0,67 \cdot 9,95^2}{8} = 8,29 \text{ кН} \cdot \text{см}; \quad (163)$$

На втором участке плиты, окаймленный по трем сторонам с  $b_1/a = 7,7/19,9 = 0,39$ ,  $\beta = 0,06$  [4, таб. 8.6]:

$$M_2 = \beta \cdot q_\phi \cdot a^2 = 0,06 \cdot 0,67 \cdot 19,9^2 = 16 \text{ кН} \cdot \text{см}; \quad (164)$$

Изгибающий момент на третьем консольном участке плиты:

$$M_3 = q_\phi \cdot \frac{c^2}{2} = 0,67 \cdot \frac{15,05^2}{2} = 75,8 \text{ кН} \cdot \text{см}. \quad (165)$$

Принимаем в качестве материала для элементов базы стали марки

С 390 расчетное сопротивление которой равно:

$$R_y = 38 \text{ кН/см}^2, R_{un} = 54 \text{ кН/см}^2, [4, \text{прил. В}].$$

По максимальному моменту на третьем участке определяем требуемую толщину плиты:

$$t_{пл} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{max}}{R_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 75,8}{38}} = 3,45 \text{ см}. \quad (166)$$

Принимаем  $t_{пл} = 36 \text{ мм}$ .

### 2.5.2.6 Рассчитываем траверсу базы.

Траверса работает на изгиб. Расчетной схемой траверсы является балка на двух опорах с консолями. Опорами являются швы, крепящей траверсы к полкам колонны.

$$q_{тр} = q_\phi \cdot \frac{b_{пл}}{2} = 0,67 \cdot \frac{52}{2} = 6,97 \text{ кН/см} \quad (167)$$

$$M_{опор} = q_{тр} \cdot \frac{b_2^2}{2} \quad (168)$$

$$M_{опор} = 6,97 \cdot \frac{7,7^2}{2} = 206,62 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

$$M_{прол} = \frac{q_{тр} \cdot l_{тр}^2}{2} - M_{опор} = \frac{6,97 \cdot 60^2}{2} - 517,26 = 2929,88 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (169)$$

$$Q_{тр} = \frac{q_{тр} \cdot l_{тр}}{2} = \frac{6,97 \cdot 60}{2} = 209,1 \text{ кН} \quad (170)$$

$$t_{\text{тр}} = 10 \div 12 \text{ мм}$$

Высоту траверсы  $h_{\text{тр}}$  определяем из условия прочности сварных угловых швов, крепящих траверсу к полкам колонны швы угловые работают на срез, рассчитывается по металлу шва и по металлу границы сплавления.

По металлу шва:

$$h_{\text{тр}} = \frac{N}{n_{\text{шв}} \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{\text{wf}} \cdot \gamma_{\text{wf}} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (171)$$

По металлу границ сплавления:

$$h_{\text{тр}} = \frac{N}{n_{\text{шв}} \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot R_{\text{wz}} \cdot \gamma_{\text{wz}} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см} \quad (172)$$

где,  $n_{\text{шв}} = 4$  – количество швов

$\beta_f = 0,7, \beta_z = 1$  – коэффициент провара для ручной сварки [4, табл. 39]

$k_f = 1$  – [4. т. 38]

$\gamma_{\text{wf}} = \gamma_{\text{wz}} = 1$ ; -коэффициент условий работы сварного углового шва [б.п.11,2] в зависимости от климатического района)

$\gamma_c = 1$  коэффициент условий работы конструкции [4. т. 1]

$R_{\text{wf}}$  - расчетное сопротивление сварного углового шва среза по металлу шва, применяется по [4. т.Г.2] в зависимости от типа электрода или марки сварной проволоки, которая выбирается по [4. т.Г.1] в зависимости от марки стали, климатического района и группы конструкций.

Тип электрода Э46- $R_{\text{wf}} = 20 \text{ кН/см}^2$

$R_{\text{wz}}$  - расчетное сопротивление сварного углового шва срезу по металлу границы сплавления.

$R_{\text{wz}} = 0,45 \cdot R_{\text{ун}} = 0,45 \cdot 54 = 24,3 \text{ кН/см}^2$

$R_{\text{ун}} = 54 \text{ кН/см}^2$  [4. т. В. 3]

$R_{un}$  -нормативное сопротивление стали по временному сопротивлению принимается [4. т.В.3] в зависимости от марки стали, толщины, вида проката

По металлу по формуле 171:

$$h_{тр} = \frac{2091,9}{4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 38,35 \text{ см}$$

По металлу границы сплавления по формуле 172:

$$h_{тр} = \frac{2091,9}{4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 24,3 \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 22,52 \text{ см}$$

Из двух значений выбираем наибольшие. Принимаем  $h_{тр} = 40 \text{ см}$  по ГОСТу на листовую сталь

Принятое сечение траверсы проверяем на прочность:

$$\sigma_{тр} = \frac{M_{max}}{W_{тр}} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (173)$$

$$W_{тр} = \frac{h_{тр}^2 \cdot t_{тр}}{6} = \frac{40^2 \cdot 1}{6} = 266,6 \text{ см}^3 \quad (174)$$

$M_{max}$  выбираем как наибольшее значение между  $M_{оп}$  и  $M_{прол}$

$$\sigma_{тр} = \frac{2929,88}{266,6} = 10,98 \text{ кН/см}^2 \leq 38 \cdot 1 \text{ кН/см}^2$$

$$\tau_{тр} = \frac{Q}{A_{тр}} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (175)$$

$$A_{тр} = h_{тр} \cdot t_{тр} = 40 \cdot 1 = 40 \text{ см}^2 \quad (176)$$

$$R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 38 = 22,04 \text{ кН/см}^2$$



$$\tau_{\text{тр}} = \frac{209,1}{40} = 5,22 \text{ кН/см}^2 \leq 22,04 \cdot 1 \text{кН/см}^2 - \text{условие выполняется}$$

В месте крепления траверсы к колонне выполняется проверка прочности по приведенным напряжениям

$$\sigma_{\text{прив}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq 1,15 \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (177)$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{опор}}}{W_{\text{тр}}} = \frac{206,62}{266,6} = 0,77 \text{ кН/см}^2 \quad (178)$$

$$\sigma_{\text{прив}} = \sqrt{0,77^2 + 3 \cdot 5,22^2} = 9,07 \text{ кН/см}^2 \leq 43,7 \text{кН/см}^2$$

Условие выполняется.

Высоту катета шва, прикрепляющего траверсу к поле ветви, определим следующим образом:

- по металлу шва:

$$k_f = \frac{Q_{\text{тр}}}{\beta_f \cdot l_{\omega} \cdot R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c} = \frac{209,1}{0,7 \cdot 40 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 1} = 0,377 \text{ см};$$

- по металлу границы сплавления:

$$k_f = \frac{Q_{\text{тр}}}{\beta_z \cdot l_{\omega} \cdot R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c} = \frac{209,1}{1 \cdot 40 \cdot 24,3 \cdot 1 \cdot 1} = 0,21 \text{ см},$$

где  $\beta_f, \beta_z$  – коэффициенты вида сварки, [4, табл. 39];

$\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$  – коэффициенты условия работ швов, [6, пункт 11.2];

$R_{\omega f}$  – расчетное сопротивление шва по металлу шва, [4, таб. Г. 2];

$R_{\omega z} = 0,45 \cdot R_{un}$  – расчетное сопротивление шва по металлу границы сплавления, определяется по материалу ветви колонны;

$R_{un} = 54 \text{ кН/см}^2$ ;

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [3, таб. 6\*].

Принимаем  $k_f = 9 \text{ мм}$ , [3, таб. 38].

### 2.5.2.7 Расчет анкерных болтов

Для расчета анкерных болтов необходимо принимать комбинацию нагрузок, дающую наибольший момент при минимальной силе. Так как продольная сила разгружает анкерные болты, значение ее вычисляют при коэффициенте перегрузки  $n = 0,9$ . Из статического расчета принимаем  $M_{max} = 1509,47 \text{ кН} \cdot \text{м}$ ;  $N_{соот} = -1097,5 \text{ кН}$ .

Усилие на анкерные болты, крепящие подкрановую ветвь колонны:

$$N_{анкер} = -\frac{n \cdot N \cdot y_2}{1,1 h_0} + \frac{M}{h_0} = -\frac{0,9 \cdot 1097,5 \cdot 0,57}{1,1 \cdot 0,97} + \frac{1509,47}{0,97} = 1028,5 \text{ кН}. \quad (179)$$

Суммарная площадь анкерных болтов, крепящих ветвь к фундаменту:

$$A_{анкер. \text{ болта}}^{треб} = \frac{N_{анк}}{R_{bt}} = \frac{1028,5}{22,5} = 45,7 \text{ см}^2. \quad (180)$$

$R_{bt} = 22,5 \text{ кН/см}^2$  принимаем по [4, таб. Г. 5].

Принимаем 4 болта  $d = 48 \text{ мм}$ ,

$$A_{анкер. \text{ болт}}^{факт} = n \cdot \frac{n \cdot d^2}{4} = 4 \cdot 18,09 = 72,36 \text{ см}^2 \quad (181)$$

Плита под анкерные болты рассчитывается как балка, лежащая на траверсах и нагруженная сосредоточенными силами

$$N = \frac{N_{анкер}}{4} = \frac{1028,5}{4} = 257,125 \text{ кН} \quad (182)$$

Изгибающий момент в анкерной плите:

$$M_a = N \cdot a_1 = 257,125 \cdot 10 = 2571,25 \text{ кН} \cdot \text{см}. \quad (183)$$

Материал плитки – сталь той же марки, что и в плите базы, траверсы базы с  $R_y = 38 \text{ кН/см}^2$ .

Требуемый момент сопротивления анкерной плиты с учетом ослаблений отверстием:

$$W_{\text{треб. анк.пл}} = \frac{M_a}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{2571,25}{38 \cdot 1} = 67,66 \text{ см}^3; \quad (184)$$

$$W_{\text{факт анк.пл}} = \frac{(b_{\text{анк.пл}} - d_{\text{отв}}) \cdot t^2}{6} = \frac{(35 - 5,4) \cdot 4^2}{6} = 78,9 \text{ см}^3. \quad (185)$$

где  $d_{\text{отв}} = d_{\sigma} + 6 \text{ мм}$  – диаметр отверстия

$$b_{\text{анк.пл}} > 4 \cdot d_{\text{отв}} = 5,4 \cdot 4 = 21,6 \text{ см}, \text{ принимаем } 35 \text{ см}$$

$t$  – толщина анкерной плиты, принимаем 40 мм.

### 2.5.2.8 Проверка устойчивости нижней части колонны как единого стержня в плоскости рамы

Предварительно определим приведенную гибкость:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_x^2 + \alpha_1 \cdot \frac{A_0}{A_p}} = \sqrt{49,42^2 + 30,1 \cdot \frac{206,08}{9,42}} = 55,68, \quad (186)$$

где  $\lambda_x = \frac{l_{x1}}{i_x} = \frac{2774}{47,61} = 58,26$  – гибкость всего стержня нижней части колонны

относительно свободной оси;

$$\alpha_1 = 10 \cdot \frac{a^3}{b^2 \cdot l} = 10 \cdot \frac{141,4^3}{97^2 \cdot 100} = 30,1;$$

$a = l_p$  – длина раскоса;

$b = h_0$ ;

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A_0}} = \sqrt{\frac{468738,7}{206,08}} = 47,61 \text{ см} – \text{радиус момента инерции};$$

$J_x = A_{\epsilon 1} \cdot y_1^2 + A_{\epsilon 2} \cdot y_2^2 = 84,3 \cdot 57^2 + 121,78 \cdot 40^2 = 468738,7 \text{ см}^4$  – момент инерции.

Абсолютный эксцентриситет:

$$e = \frac{M}{N}. \quad (187)$$

Относительный эксцентриситет:

$$m = \frac{M \cdot A}{N \cdot J_x} \cdot (y_2 + z_0); \quad (188)$$

$$m = \frac{M \cdot A}{N \cdot J_x} \cdot y_2. \quad (189)$$

Проверка устойчивости:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c. \quad (190)$$

- для комбинации усилий  $N = -516,447 \text{ кН}$  и  $M = -1642,16 \text{ кН} \cdot \text{см}$ .

Абсолютный эксцентриситет по формуле 187:

$$e = \frac{16421,6}{516,447} = 31,79,.$$

Относительный эксцентриситет по формуле 188:

$$m = \frac{16421,6 \cdot 206,08}{516,447 \cdot 468738,7} \cdot (40 + 3) = 0,6.$$

Проверка устойчивости:

$$\varphi = 0,735;$$

$$\sigma = \frac{516,447}{0,735 \cdot 206,08} \leq 38 \cdot 1;$$

$$3,4 \text{ кН/см}^2 < 38 \text{ кН/см}^2.$$

- для комбинации усилий  $M = -1088,25 \text{ кН}$  и  $N = -1650,77 \text{ кН}\cdot\text{см}$ .

Абсолютный эксцентриситет по формуле 187:

$$e = \frac{10882,5}{1650,77} = 6,59.$$

Относительный эксцентриситет по формуле 189:

$$m = \frac{10882,5 \cdot 206,08}{1650,77 \cdot 468738,7} \cdot 97 = 0,28.$$

Проверка устойчивости:

$$\varphi = 0,908;$$

$$\sigma = \frac{1650,77}{0,908 \cdot 206,08} \leq 38 \cdot 1;$$

$$8,82 \text{ кН/см}^2 < 38 \text{ кН/см}^2.$$

### **2.5.2.9 Расчет и конструирование узла сопряжения верхней части колонны с нижней**

Соединение выполняется через траверсу, работающую на изгиб. Она рассчитывается на комбинацию –  $M_{\max} = -196,163 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ,  $N_{\text{соотв}} = -565,982 \text{ кН}$  в сечении 2 – 2.

Высота траверсы принимается:

$$h_{\text{тр}} = (0,5 \div 0,8) \cdot h_{\text{н}} = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ см}.$$

Материал траверсы – сталь марки С390, расчетное сопротивление  $R_y = 38 \text{ кН/см}^2$ ,  $R_{un} = 54 \text{ кН/см}^2$ , [4, таб. В. 3] . Составляем поперечное сечение траверсы (см. рисунок 39).

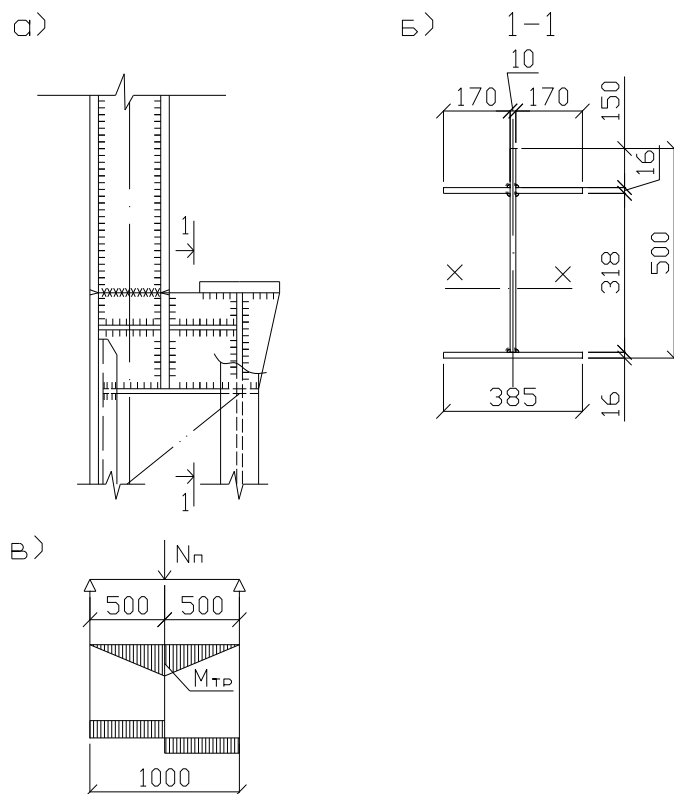


Рисунок 39 – Соединение верхней части колонны с нижней

а – конструкция соединения;

б – поперечное сечение траверсы;

в – расчетная схема трверсы.

Если предположить, что усилия с верхней части колонны передаются на нижнюю только через полки, то :(по формуле 113)

$$N_n = \frac{N}{2} + \frac{M}{h_g} = \frac{565,982}{2} + \frac{19616,3}{50} = 675,317 \text{ кН.}$$

Катеты шва , прикрепляющего ребра жесткости к вертикальной стенке траверсы определяются из условия прочности углового шва на срез:

- по металлу шва:

$$k_f = \frac{N_n}{4 \cdot \beta_f \cdot l_\omega \cdot R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c}; \quad (191)$$

- по металлу границы сплавления:

$$k_f = \frac{N_n}{4 \cdot \beta_z \cdot l_\omega \cdot R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c}, \quad (192)$$

где 4 – число швов;

$\beta_f, \beta_z$  – коэффициенты вида сварки, [4, табл. 39];

$\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$  – коэффициенты условия работ швов, [6, пункт 11.2];

$R_{\omega f}$  – расчетное сопротивление шва по металлу шва, [4, таб. Г. 2];

$R_{\omega z} = 0,45 \cdot R_{un}$  – расчетное сопротивление шва по металлу границы сплавления;

$R_{un} = 54 \text{ кН/см}^2$ ;

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

- по металлу шва по формуле 191:

$$k_f = \frac{675,317}{4 \cdot 0,7 \cdot 50 \cdot 21,5 \cdot 1 \cdot 1} = 0,220 \text{ см};$$

- по металлу границы сплавления по формуле 192:

$$k_f = \frac{675,317}{4 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 24,3 \cdot 1 \cdot 1} = 0,138 \text{ см}.$$

Принимаем  $k_f = 4 \text{ мм}$ , [4, таб. 38].

Геометрические характеристики траверсы:

Определим положение центра тяжести поперечного сечения траверсы (смотреть рисунок 41):

$$a_n = \frac{2 \cdot 17 \cdot 34,2 + 38,5 \cdot 1,6 \cdot 0,8 + 48,4 \cdot 1,6 \cdot 25,8}{2 \cdot 17 \cdot 1,6 + 38,5 \cdot 1,6 + 48,4 \cdot 1,6} = 16,59 \text{ см}; \quad (193)$$

Момент инерции траверсы:

$$J_x = \frac{1,6 \cdot 48,4^3}{12} + 1,6 \cdot 48,4 \cdot 9,21^2 + \frac{2 \cdot 17 \cdot 1,6^3}{12} + 2 \cdot 17 \cdot 1,6 \cdot 18,41^2 + \frac{38,5 \cdot 16^3}{12} + 38,5 \cdot 1,6 \cdot 15,79^2 = 127754,1 \text{ см}^4;$$

Момент сопротивления траверсы:

$$W_{min} = \frac{J_x}{a_{max}} = \frac{127754,1}{33,41} = 3823,83 \text{ см}^3. \quad (194)$$

Опорная реакция траверсы на подкрановой ветви от усилия  $N_n$ :

$$Q_1 = \frac{N_n \cdot h_e}{h_n} = \frac{454,06 \cdot 50}{100} = 224,8 \text{ кН}; \quad (195)$$

Опорная реакция траверсы на надкрановой ветви от усилия  $N_n$ :

$$Q_2 = \frac{N_n \cdot (h_n - h_e)}{h_n} = \frac{675,317 \cdot (100 - 50)}{100} = 337,65 \text{ кН}. \quad (196)$$

Изгибающий момент в траверсе:

$$M_1 = Q_1 \cdot (h_n - h_e) = 337,65 \cdot (100 - 50) = 16882,5 \text{ кН} \cdot \text{см}. \quad (197)$$

Проверка прочности траверсы:

$$\sigma = \frac{M_1}{W_{min}} = \frac{16882,5}{3823,83} = 4,4 \text{ кН/см}^2 < R_y = 38 \text{ кН/см}^2; \quad (198)$$

$$\tau = \frac{Q_2}{h_{тр} \cdot t_{тр}} = \frac{337,65}{48,4 \cdot 1,6} = 4,36 \text{ кН/см}^2 < R_s = 0,58 \cdot 38 = 22,04 \text{ кН/см}^2; \quad (199)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{np} &= \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{4,4^2 + 3 \cdot 4,36^2} = 8,7 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < R_y \cdot 1,15 = \\ &= 38 \cdot 1,15 = 43,7 \text{ кН/см}^2. \end{aligned} \quad (200)$$



Швы, прикрепляющие вертикальный лист траверсы к подкрановой ветви, рассчитываем на усилие:

$$N' = Q_1 + D_{max} = 337,65 + 1483,36 = 1821 \text{ кН.} \quad (201)$$

- по металлу шва по формуле:

$$k_f = \frac{N'}{4 \cdot \beta_f \cdot l_{\omega} \cdot R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c}; \quad (202)$$

- по металлу границы сплавления по формуле :

$$k_f = \frac{N'}{4 \cdot \beta_z \cdot l_{\omega} \cdot R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c'}; \quad (203)$$

где 4 – число швов;

$\beta_f, \beta_z$  – коэффициенты вида сварки, [4, табл. 39];

$\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$  – коэффициенты условия работ швов, [6, пункт 11.2];

$R_{\omega f}$  – расчетное сопротивление шва по металлу шва, [4, таб. Г. 2];

$R_{\omega z} = 0,45 \cdot R_{un}$  - расчетное сопротивление шва по металлу границы сплавления, определяется по материалу ветви колонны;

$R_{un} = 54 \text{ кН/см}^2$ ;

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

- по металлу шва по формуле 202:

$$k_f = \frac{1821}{4 \cdot 0,7 \cdot 50 \cdot 21,5 \cdot 1 \cdot 1} = 0,6 \text{ см};$$

- по металлу границы сплавления по формуле 203:

$$k_f = \frac{1821}{4 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 24,3 \cdot 1 \cdot 1} = 0,374 \text{ см.}$$

Принимаем  $k_f = 7 \text{ мм}$ , [3, таб. 38].

## 2.6 Расчет подкрановой балки

### 2.6.1 Определение расчетных нагрузок от колес крана

Пролет подкрановой балки равен шагу рам 12м.

На ПБ действует вертикальное давление, которое передается в местах опирания мостового крана и горизонтальная нагрузка, которая также передается в местах опирания мостового крана.

Все нагрузки определяются от двух сближенных кранов наибольшей грузоподъемности.

Так как крановая нагрузка носит подвижный характер, то максимальный изгибающий момент и поперечная сила определяются по правилу Винклера.

Вертикальное давление колес:

$$F_{k1} = F_{k1}^H \cdot \gamma_f \cdot \Psi \cdot k_g = 540 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 555,4 \text{ кН}; \quad (204)$$

где  $F_{k1}^H$ , – нормативное значение вертикального давления, [8, таб. 5]

$\gamma_f = 1,1$  – коэффициент надежности по нагрузке;

$\Psi = 0,85$  – коэффициент сочетания для двух кранов режима 5К;

$k_g = 1,1$  – коэффициент динамичности.

Горизонтальная нагрузка:

$$T = T_k^H \cdot \gamma_f \cdot \Psi \cdot k_g = 17,125 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 17,61 \text{ кН}, \quad (205)$$

где  $T_k^H$  – нормативное значение горизонтальной нагрузки:

$$T_k^H = f \cdot \frac{Q + g_{\text{тел}}}{N_0} = 0,05 \cdot \frac{500 + 185}{2} = 17,125 \text{ кН}, \quad (206)$$

$f = 0,05$  – коэффициент трения при гибком подвесе;

$Q$  – крановая нагрузка, [8, таб. 5];

$g_{\text{тел}}$  – масса тележки, [8, таб. 5];

$N_0$  – число колес на одной стороне крана.

## 2.6.2 Определение расчетных усилий

### 2.6.2.1 Определение положения равнодействующей силы

При пролете балки  $l = 12$  м на ней помещается 3 колеса (см. рисунок 40).

Определение положения равнодействующей силы из условия, что сумма моментов всех сил относительно первого колеса равна нулю:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} P_{i+1} C_i}{\sum P_i} \quad (207)$$

$$X_c = \frac{(555,4 \cdot 0) + (555,4 \cdot 5,25) + (555,4 \cdot 6,65)}{R} = 5,95 \text{ м}$$

$$R = 4F_{K1} = 3 \cdot 555,4 = 1110,8 \text{ кН}$$

где  $P_i$  – вертикальное давление колес;

$C_i$  – расстояние от первого колеса до каждого последующего, (смотреть рисунок 9);

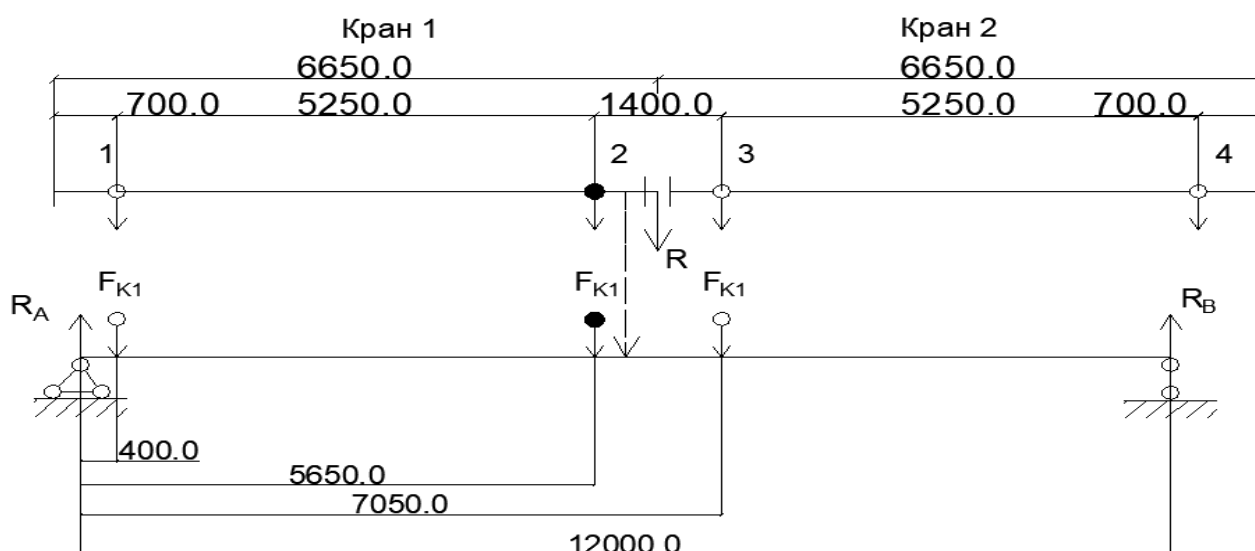


Рисунок 40 – Нахождение расстояния от первого колеса до равнодействующей силы

### 2.6.2.2 Определение критического груза.

Из рисунка 42 видно, что равнодействующая  $R$  находится между вторым и третьим колесами. Расстояние от равнодействующей до колес одинаковое, критическим колесом принято второе колесо.

### 2.6.2.3 Проверка правильности расстановки колес на балке

Если критическое колесо расположено левее равнодействующей, то расстояние « $e$ » и сумма грузов до критического берутся от левой опоры.

$$\sum F_{\text{лев}} + F_{\text{кр}} \geq \frac{e}{l} \cdot \sum F ; \quad (208)$$

$$\sum F_{\text{лев}} < \frac{e}{l} \cdot \sum F, \quad (209)$$

где  $\sum F_{\text{лев}}$  – сумма грузов, находящихся справа от критического;

$F_{\text{кр}}$  – критический груз;

$e$  – расстояние от правой опоры до критического колеса,

$e = 5,65\text{м}$

$l$  – пролет ПБ;

$\sum F$  – сумма всех грузов на балке.

Расчет по формулам 208-209:

$$555,4 + 555,4 = 1110,8 \geq \frac{5,65}{12} \cdot 1666,2 = 784,5;$$

$$555,4 < \frac{5,65}{12} \cdot 1666,2 = 784,5$$

Проверка выполняется, следовательно, данная расстановка из трех колес дает наибольший изгибающий момент под вторым колесом.

### 2.6.2.4 Определение наибольшего изгибающего момента и

### соответствующей продольной силы

Максимальный изгибающий момент ПБ будет в том случае, когда равнодействующая всех грузов (колес), находящихся на ПБ, и ближайший груз будут равноудалены от середины пролета ПБ.

Максимальный изгибающий момент:

$$M_{max} = R_a \cdot a_1 - F_{k1} \cdot a_2 = 1059,8 \cdot 7,05 - 555,4 \cdot 5,25 = 6910,94 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где  $F_{k1}$  – вертикальное давление колес;

Изгибающий момент под первым колесом:

$$a_1 = 67,05 \text{ м}$$

$$a_2 = 5,65 - 0,4 = 5,25 \text{ м}$$

Реакция опоры «В» определяется из условия, что сумма моментов всех сил относительно опоры «А» равна нулю:

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{F_{k1} \cdot v_3 + F_{k1} \cdot v_2 + F_{k1} \cdot v_1}{l} = \\ &= \frac{555,4 \cdot 7,05 + 555,4 \cdot 5,65 + 555,4 \cdot 0,4}{12} = 606,31 \text{ кН}, \end{aligned}$$

где  $F_{k1}$ , – вертикальное давление колес;

$v_i$  – расстояния от колеса до опоры «А», (смотреть рисунок 41);

$l$  – пролет ПБ.

Реакция опоры «А» определяется из условия, что сумма всех сил относительно оси «у» равна нулю:

$$R_A = R - R_B = 1666,2 - 606,31 = 1059,8 \text{ кН}.$$

Соответствующая поперечная сила от каждого из колес:

$$Q_1 = R_a = 1059,8 \text{ кН};$$

$$Q_2 = R_a - F_{k1} = 1059,8 - 555,4 = 504,4 \text{ кН};$$

$$Q_3 = R_a - 2 \cdot F_{k1} = 1059,8 - 2 \cdot 555,4 = -51 \text{ кН};$$

$$Q_4 = R_a - 3 \cdot F_{k1} = 1059,8 - 3 \cdot 555,4 = -606,4 \text{ кН};$$

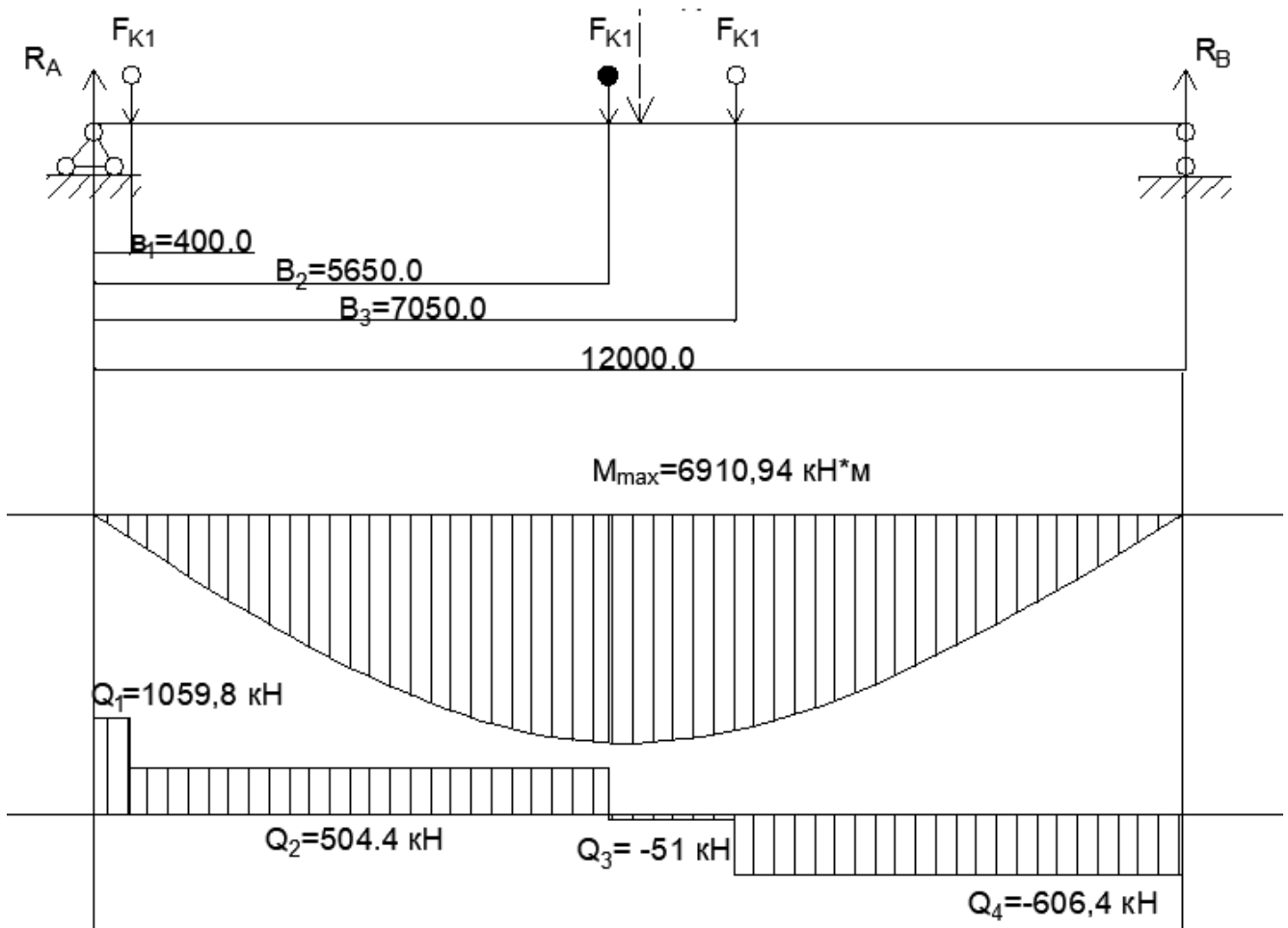


Рисунок 41 – Эпюры M и Q

### 2.6.2.5 Определение максимальной поперечной силы

Максимальная поперечная сила будет возникать в том случае, когда один из грузов (одно из колес) будет находиться на опоре, а в пролете будет находиться как можно большее количество грузов (колес).

Максимальная поперечная сила:

$$Q_{max} = R_a = Q_1 = 1115,5 \text{ кН.}$$

$$Q_1 = R_a = 1115,5 \text{ кН.}$$

$$Q_2 = R_a - F_{k1} = 1115,5 - 555,4 = 559,8 \text{ кН.}$$

$$Q_3 = R_a - 2 \cdot F_{k2} = 1115,5 - 2 \cdot 555,4 = 4,1 \text{ кН}$$

Реакция опоры «В» определяется из условия, что сумма моментов всех сил относительно опоры «А» равна нулю:

$$R_B = \frac{F_{k1} \cdot v_2 + F_{k1} \cdot v_1}{l} = \frac{555,4 \cdot 6,65 + 555,4 \cdot 5,25}{12} \\ = 550,7 \text{ кН,}$$

где  $v_i$  – расстояния от колеса до опоры «В», (смотреть рисунок 42);

$l$  – пролет ПБ.

Реакция опоры «А» определяется из условия, что сумма всех сил относительно оси «у» равна нулю:

$$R_A = 3 \cdot F_{k1} - R_B = 1666,2 - 550,7 = 1115,5 \text{ кН.}$$

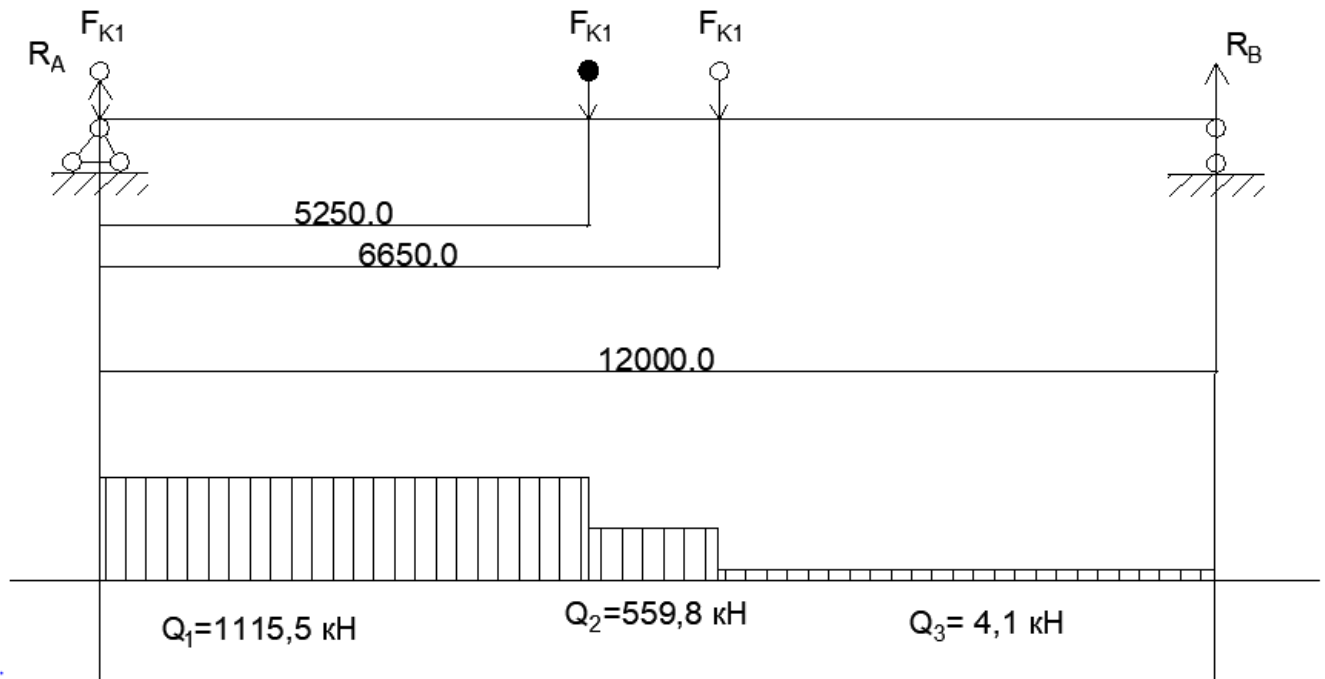


Рисунок 42– Эпюра поперечных сил

$$M_{max}^T = M_{max}^P \cdot \frac{T_k}{F_k} = 7118,26 \cdot \frac{17,61}{555,4} = 225,69 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (210)$$

$$Q_{max}^T = Q_{max}^P \cdot \frac{T_k}{F_k} = 1148,56 \cdot \frac{17,61}{555,4} = 36,4 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (211)$$

где  $T_k$  – горизонтальная нагрузка от колес;

$F_k$  – среднее расчетное вертикальное давление колес;

$$M_{max}^P = \alpha \cdot M_{max} = 1,03 \cdot 6910,94 = 7118,26 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (212)$$

$$Q_{max}^P = \alpha \cdot Q_{max} = 1,03 \cdot 1115,5 = 1148,56 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (213)$$

$$\alpha = 1,03;$$

$M_{max}$  – максимальный момент от критического груза (колеса).



### 2.6.3 Подбор сечения подкрановой балки

Принимаем марку стали, с учетом климатического района и группы конструкции, С255, [4, таб. В. 3] . Для принятой марки стали, приняв предварительную толщину пояса ПБ  $t_f = 2$  мм , принимаем расчетное сопротивление при толщине проката  $20 \div 40$  мм

$$R_y = 23 \text{ кН/см}^2, [4, \text{ таб. В. 3}]..$$

#### 2.6.3.1 Определение высоты подкрановой балки

Высота ПБ определяется по двум условиям: по прочности –  $h_{\text{опт.}}$ , по жесткости –  $h_{\text{мин.}}$ .

По условию прочности определяем требуемый момент сопротивления балки:

$$W_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{max}}}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{6910,94}{23 \cdot 1,1} = 27316 \text{ см}^3, \quad (214)$$

где  $M_{\text{max}}$  - максимальный момент от критического груза (колеса);

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, таб. В. 3];

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

Толщину стенки  $t_w$ , принимаем:

$$t_w = 7 + 3 \cdot h = 7 + 3 \cdot 1,5 = 11,5 \text{ мм}, \quad (215)$$

принимаем  $t_w = 20$  мм;

где  $h$  - высота ПБ, принимаемая как  $\left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{12}\right) \cdot l = \frac{1}{8} \cdot 12 = 1,5$  м,

$l$  - пролет подкрановой балки.

Оптимальная высота ПБ:

$$h_{\text{опт.}} = k \cdot \sqrt{\frac{W_{\text{тр}}}{t_w}}, = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{27316}{1,2}} = 181,1 \text{ см}, \quad (216)$$

где  $k = 1,2$  – коэффициент для сварных балок;

$W_{\text{тр}}$  – требуемый момент сопротивления ПБ;

$t_w$  – толщина стенки ПБ.

Минимальная высота ПБ:

$$h_{min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R_y \cdot l}{E \cdot \left[ \frac{f}{l} \right]} \cdot \frac{\Sigma q^H}{\Sigma q} = \frac{5}{24} \cdot \frac{23 \cdot 1200}{2,06 \cdot 10^4 \cdot \left[ \frac{1}{500} \right]} \cdot \frac{540}{555,4} = 135,7 \text{ см}, \quad (217)$$

где  $\frac{\Sigma q^H}{\Sigma q}$  – отношение нормативных нагрузок к расчетным;

$\left[ \frac{f}{l} \right] = \frac{1}{500}$  – относительный прогиб;

$E$  – модуль упругости;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, табл. В. 3];

$l$  – пролет ПБ.

Принимаем  $h = 1500$  мм.  $h_{min} < 1500 < h_{opt}$ .

### 2.6.3.2 Определение размеров поясов

Требуемый момент инерции ПБ:

$$J_{тр} = W_{тр} \cdot \frac{h}{2} = 27316 \cdot \frac{150}{2} = 2048697,6 \text{ см}^4, \quad (218)$$

где  $W_{тр}$  – требуемый момент сопротивления ПБ;

$h$  – высота ПБ.

Момент инерции поясов:

$$J_f = J_{тр} - J_w = 2048697,6 - 477214,7 = 1571483 \text{ см}^4, \quad (219)$$

где  $J_{тр}$  – требуемый момент инерции ПБ;

$t_f$  – толщина пояса;

$J_w$  – момент инерции стенки ПБ:

$$J_w = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} = \frac{1,2 \cdot 142^3}{12} = 477214,7 \text{ см}^4, \quad (220)$$

$t_w$  – толщина стенки;

$h_w = h - 2 \cdot t_f = 150 - 2 \cdot 4 = 142$  см – высота стенки.

Площадь поясного листа:

$$A_f = 2 \cdot \frac{J_f}{h^2} = 2 \cdot \frac{632248,9}{150^2} = 139,69 \text{ см}^2, \quad (221)$$

где  $J_f$  – момент инерции поясов;

$h$  – высота ПБ.

Ширина пояса:

$$b_f = \frac{A_f}{t_f} = \frac{138,69}{4} = 34,9 \text{ см}, \quad (222)$$

где  $A_f$  – площадь поясного листа;

$t_f$  – толщина пояса.

Принимаем  $b_f = 440$  мм.

В сжатом поясе должна быть обеспечена местная устойчивость свеса, поэтому гибкость свеса сравнивается с допустимой гибкостью:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} = \frac{21}{4} = 5,25 \leq \left[ \frac{b_{ef}}{t_f} \right] = 14,93, \quad (223)$$

где  $t_f$  – толщина полки;

$\left[ \frac{b_{ef}}{t_f} \right]$  – допустимая гибкость, [таб. 30, 3]:

$$\left[ \frac{b_{ef}}{t_f} \right] = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{230}} = 14,93; \quad (224)$$

$b_{ef}$  – свес полки:

$$b_{ef} = \frac{(b_f - t_w)}{2} = \frac{(44 - 2)}{2} = 21 \text{ см}. \quad (225)$$

Местная устойчивость обеспечена.

### 2.6.3.3 Выбор размеров элементов тормозной балки

Тормозная балка состоит из верхнего пояса ПБ, горизонтального листа рифленой стали толщиной  $t_{\text{л}} = 2$  мм, Вл=835 мм и швеллера № 18, (см. рисунок 43).

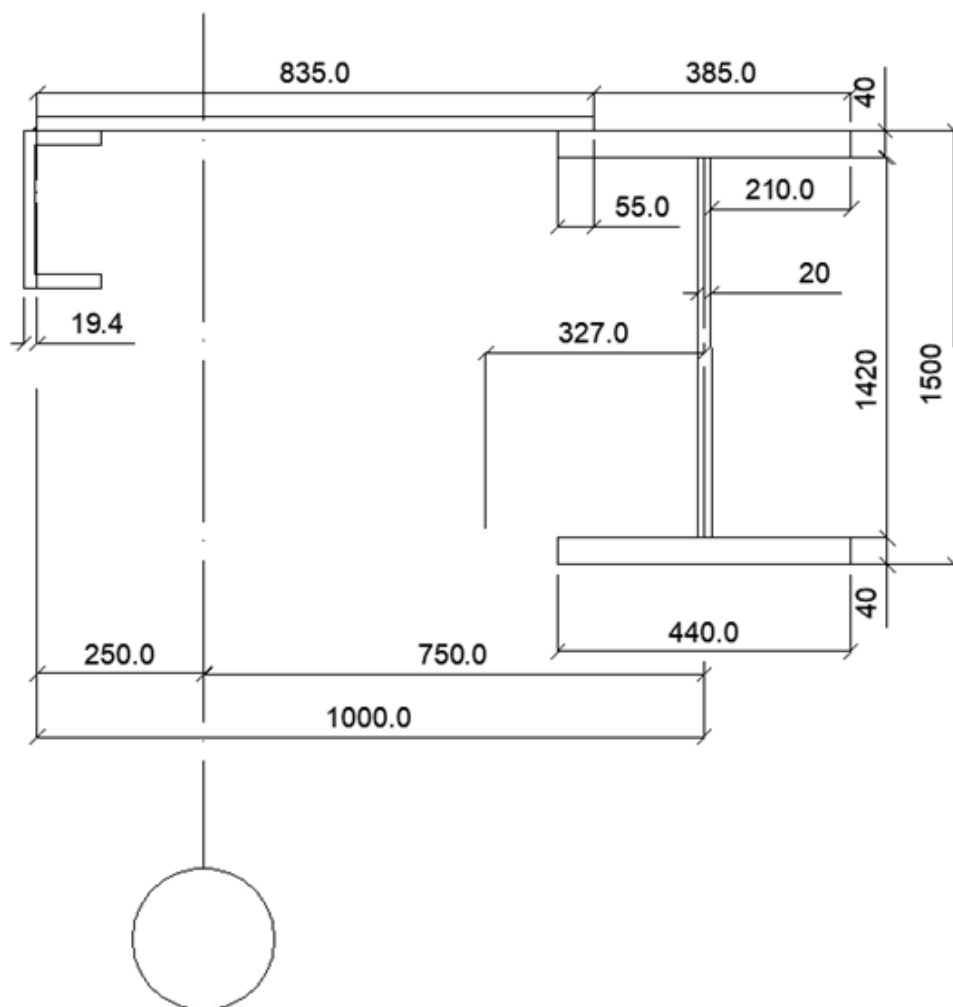


Рисунок 43– Размеры подкрановой и тормозной балок

### 2.6.3.4 Определение геометрических характеристик подкрановых конструкций

Геометрические характеристики швеллера № 18:

$J_x = 1090 \text{ см}^4$ ;  $J_y = 86 \text{ см}^4$ ;  $h = 180 \text{ мм}$ ;  $b = 70 \text{ мм}$ ;  $z_0 = 1,94 \text{ см}$ ;  $A = 20,7 \text{ см}^2$ .

Определение центра тяжести ТБ:

$$\begin{aligned}
 x_c &= \frac{\sum S_y}{\sum A} = \frac{A_{\text{шв}} \cdot (b_{\text{л}} + 0,5 \cdot b_f - 5) + b_{\text{л}} \cdot t_{\text{л}} \cdot [0,5 \cdot (b_{\text{л}} + b_f) - 5]}{A_{\text{шв}} + b_{\text{л}} \cdot t_{\text{л}} + b_f \cdot t_f} = \\
 &= \frac{20,7 \cdot (83,5 + 0,5 \cdot 44 - 5) + 83,5 \cdot 2 \cdot [0,5 \cdot (83,5 + 44) - 5]}{20,7 + 83,5 \cdot 2 + 44 \cdot 4} = \\
 &= 32,7 \text{ см.}
 \end{aligned}$$

где  $A_{\text{шв}}$  – площадь швеллера;

$b_{\text{л}}$  – ширина тормозного листа, (смотреть рисунок 44);

$b_f$  – ширина пояса;

$t_{\text{л}}$  – толщина тормозного листа;

$t_f$  – толщина пояса.

Момент инерции ПБ:

$$\begin{aligned}
 J_x &= \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot \left( \frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 = \frac{2 \cdot 142^3}{12} + 2 \cdot 44 \cdot 4 \cdot \left( \frac{142 + 4}{2} \right)^2 = \\
 &= 2353023 \text{ см}^4, \tag{226}
 \end{aligned}$$

где  $t_w$  – толщина стенки ПБ;

$h_w$  – высота стенки ПБ;

$b_f$  – толщина тормозного листа;

$t_f$  – толщина пояса.

Момент сопротивления ПБ:

$$W_x = \frac{J_x}{\frac{h}{2}} = \frac{2353023}{\frac{150}{2}} = 31373,64 \text{ см}^3, \tag{227}$$

где  $J_x$  – момент инерции ПБ;

$h$  – высота ПБ.

Статический момент полусечения:

$$S_x = b_f \cdot t_f \cdot \left( \frac{h_w + t_f}{2} \right) + \frac{h_w \cdot t_w}{2} \cdot \frac{h_w}{4} = 44 \cdot 4 \cdot \left( \frac{142 + 4}{2} \right) + \frac{142 \cdot 2}{2} \cdot \frac{142}{4} =$$

$$= 17889 \text{ см}^3, \quad (229)$$

где  $t_w$  – толщина стенки ПБ;

$h_w$  – высота стенки ПБ;

$b_f$  – толщина тормозного листа;

$t_f$  – толщина пояса.

Момент инерции ТБ:

$$J_y = \frac{t_f \cdot b_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot x_c^2 + \frac{t_l \cdot b_l^3}{12} + t_l \cdot b_l \cdot$$

$$\cdot [0,5 \cdot (b_l + b_f) - 5 - x_c]^2 + J_y^{\text{шв}} + A_{\text{шв}} \cdot (b_n - x_c - z_0)^2 =$$

$$= \frac{4 \cdot 44^3}{12} + 44 \cdot 2 \cdot 32,7^2 + \frac{2 \cdot 83,5^3}{12} + 2 \cdot 83,5 \cdot$$

$$\cdot [0,5 \cdot (83,5 + 44) - 5 - 32,7]^2 + 86 + 20,7 \cdot (100 - 32,7 - 1,94)^2 =$$

$$= 431294,5 \text{ см}^4, \quad (230)$$

где  $t_w$  – толщина стенки ПБ;

$h_w$  – высота стенки ПБ;

$b_f$  – толщина тормозного листа;

$t_f$  – толщина пояса;

$b_l$  – ширина тормозного листа;

$t_l$  – толщина тормозного листа;

$x_c$  – центр тяжести ТБ;

$J_y^{\text{шв}}$  – момент инерции швеллера;

$A_{\text{шв}}$  – площадь швеллера;

$b_n$  – ширина нижней части колонны;

$z_0$  – центр тяжести швеллера.

Момент сопротивления наиболее напряженного волокна верхнего пояса ТБ:

$$W_y = \frac{J_y}{x_c + 0,5 \cdot b_f} = \frac{431294,5}{32,7 + 0,5 \cdot 44} = 7885,277 \text{ см}^3, \quad (231)$$

где  $b_f$  – толщина тормозного листа;

$x_c$  – центр тяжести ТБ;

$J_y$  – момент инерции ТБ.

### 2.6.3.5 Проверка прочности подкрановой балки

По нормальным напряжениям в верхнем поясе от действия вертикальных сил  $F_k$  и горизонтальных сил Т:

$$\sigma_{в.п} = \frac{M_{max}}{W_x} + \frac{M_{max}^T}{W_y} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (232)$$

где  $W_x, W_y$  – моменты сопротивления волокон верхнего пояса;

$M_{max}$  – максимальный момент от критического груза (колеса);

$M_{max}^T$  – изгибающий момент от силы торможения;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, таб. В. 3];

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

По касательным напряжениям от вертикальных сил  $F_k$ :

$$\tau = \frac{Q_{max} \cdot S_x}{J_x \cdot t_w} \leq R_s \cdot \gamma_c, \quad (233)$$

где  $S_x$  – статический момент полусечения;

$Q_{max}$  – максимальная поперечная сила;

$J_x$  – момент инерции ПБ;

$t_w$  – толщина стенки ПБ;

$R_s = 0,58 \cdot R_y$  – расчетное сопротивление сдвигу;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, таб. В. 3];

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

$$\frac{R_y \cdot \gamma_c - \sigma_{в.п}}{R_y \cdot \gamma_c} \cdot 100\% \leq 5\%. \quad (234)$$

Расчет по формулам 232-234:

$$\sigma_{в.п} = \frac{691094}{31373,64} + \frac{22569}{7885,27} = 24,89 \text{ кН/см}^2 \leq 23 \cdot 1,1 = 25,3 \text{ кН/см}^2;$$

$$R_s = 0,58 \cdot 23 = 13,34 \text{ кН/см}^2;$$

$$\tau = \frac{1148,56 \cdot 17889}{2353023 \cdot 2} = 4,36 \text{ кН/см}^2 \leq 13,34 \cdot 1,1 = 14,674 \text{ кН/см}^2;$$

$$\frac{23 \cdot 1,1 - 24,89}{23 \cdot 1,1} \cdot 100\% = 2\% \leq 5\%.$$

В стенке ПБ от колес возникают местные напряжения  $\sigma_{loc}$ , величина которых:

$$\sigma_{loc} = \frac{\gamma_f \cdot F_k}{l_{ef} \cdot t_w} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (235)$$

где  $\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке;

$F_k$  – расчетное значение давления;

$t_w$  – толщина стенки ПБ;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, таб. В. 3];

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1];

$l_{ef}$  – условная длина:

$$l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{J_{1f}}{t_w}}, \text{ см}, \quad (236)$$

где  $c$  – коэффициент равный 3,25;

$t_w$  – толщина стенки;



$J_{1f}$  – сумма собственных моментов инерции пояса балки и кранового рельса.

Проверка по приведенным напряжениям:

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{\sigma_{1x}^2 - \sigma_{1x} \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \leq 1,15 \cdot R_y \cdot \gamma_c, \quad (237)$$

$$\sigma_{1x} = \frac{M_{\text{max}} \cdot h_w}{J_x \cdot h} \quad (238)$$

$$\sigma_y = \frac{M_{\text{max}} \cdot h_w}{J_y \cdot h} + \sigma_{\text{loc}} \quad (239)$$

$\tau_1$  – касательные напряжения:

$$\tau_1 = \frac{Q_{\text{max}} \cdot S_f}{J_x \cdot t_w}, \text{ кН/см}^2, \quad (240)$$

$Q_{\text{max}}$  - максимальная поперечная сила;

$J_x$  – момент инерции ПБ;

$t_w$  – толщина стенки ПБ;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [таб. В. 3, 4];

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1, ];

$S_f$  - статический момент:

$$S_f = b_f \cdot t_f \cdot \frac{(h_w + t_f)}{2}, \text{ см}^3; \quad (241)$$

$h_w$  – высота стенки ПБ;

$b_f$  – толщина тормозного листа;

$t_f$  – толщина пояса.

Расчет:

Местные напряжения: по формулам 235-236:

$$\sigma_{loc} = \frac{1,1 \cdot 555,4}{31,2 \cdot 2} = 9,79 \leq 23 \cdot 1,1;$$

$$9,79 \text{ кН/см}^2 < 25,3 \text{ кН/см}^2;$$

$$l_{ef} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{1782,36}{2}} = 31,2 \text{ см};$$

$$J_{1f} = 1547,4 + \frac{44 \cdot 4^3}{12} = 1782,36 \text{ см}^2.$$

Проверка по приведенным напряжениям по формуле 237:

$$\sigma_{пр} = \sqrt{0,278^2 - 0,278 \cdot 11,3 + 11,3^2 + 3 \cdot 3,04^2} \leq 1,15 \cdot 23 \cdot 1,1;$$

$$12,34 \text{ кН/см}^2 < 29,095 \text{ кН/см}^2.$$

Нормальные напряжения по формулам 238-239:

$$\sigma_{1x} = \frac{691094 \cdot 142}{2353023 \cdot 150} = 0,278 \text{ кН/см}^2$$

$$\sigma_y = \frac{691094 \cdot 142}{431294,5 \cdot 150} + 9,79 = 11,3 \text{ кН/см}^2$$

Касательные напряжения по формуле 240-241:

$$\tau_1 = \frac{1115,5 \cdot 12848}{2353023 \cdot 2} = 3,04 \text{ кН/см}^2;$$

$$S_f = 44 \cdot 4 \cdot \frac{(142 + 4)}{2} = 12848 \text{ см}^3.$$

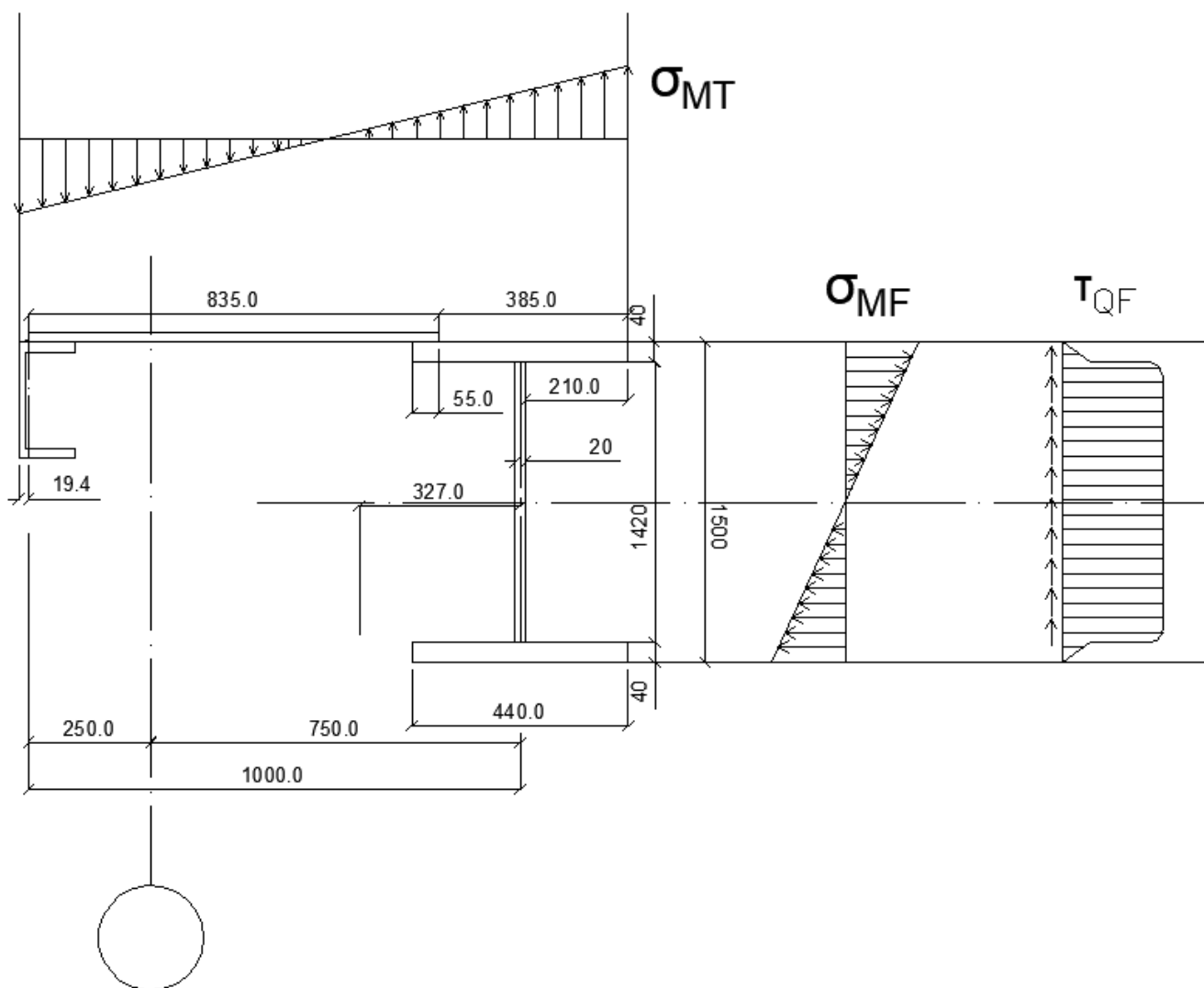


Рисунок 44 – Эпюры напряжений  $\sigma_{в.п.}, \sigma_{loc}, \tau$

### 2.6.3.6 Соединение поясов со стенкой

Пояса со стенкой соединяются угловыми сварными швами.

Горизонтальные сдвигающие усилия:

$$T = \tau \cdot t_w = \frac{Q_{max} \cdot S_f}{J_x} = \frac{1115,5 \cdot 12848}{2353023} = 6,09 \text{ кН/см}; \quad (241)$$

где  $Q_{max}$  - максимальная поперечная сила;

$J_x$  - момент инерции ПБ;

$t_w$  - толщина стенки ПБ;

$S_f$  - статический момент.

Вертикальные сдвигающие усилия:

$$V = \sigma_{loc} \cdot t_w = \frac{\gamma_f \cdot F_k}{l_{ef}} = \frac{1,1 \cdot 555,4}{31,2} = 19,58 \text{ кН/см}, \quad (242)$$

где  $\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке;

$\sigma_{loc}$  – местные напряжения;

$t_w$  – толщина стенки ПБ;

$F_k$  – расчетное значение давления;

$l_{ef}$  – условная длина.

Проверка угловых швов:

- по металлу шва:

$$k_f \geq \frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2 \cdot \beta_f \cdot R_{\omega f} \cdot \gamma_{\omega f} \cdot \gamma_c}; \quad (243)$$

- по металлу границы сплавления:

$$k_f \geq \frac{\sqrt{T^2 + V^2}}{2 \cdot \beta_z \cdot R_{\omega z} \cdot \gamma_{\omega z} \cdot \gamma_c}, \quad (244)$$

где 2 – число швов;

T – горизонтальные сдвигающие усилия;

V – вертикальные сдвигающие усилия;

$\beta_f, \beta_z$  – коэффициенты вида сварки, [4. табл. 3,9];

$\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$  – коэффициенты условия работ швов, [6, пункт 11.2];

$R_{\omega f}$  – расчетное сопротивление шва по металлу шва, [4. табл. Г.2]

$R_{\omega z} = 0,45 \cdot R_{\omega in}$  – расчетное сопротивление шва по металлу границы сплавления; (Э42А)

$R_{\omega in} = 41 \text{ кН/см}^2$ ; [4. табл. Г.2]

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, таб. 1].

Расчет:

- по металлу шва по формуле 243:

$$k_f \geq \frac{\sqrt{6,09^2 + 19,58^2}}{2 \cdot 0,7 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 1,1} = 0,73 \text{ см};$$

- по металлу границы сплавления по формуле 244:

$$k_f \geq \frac{\sqrt{6,09^2 + 19,58^2}}{2 \cdot 1 \cdot 18,45 \cdot 1 \cdot 1,1} = 0,5 \text{ см};$$

$$k_{max} = 1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ см.}$$

Принимаем  $k_f = 24 \text{ мм}$ .  $k_{max} = 12 > k_{min}$ ,  $k_{min} = 8 \text{ мм}$ .

### 2.6.3.7 Проверка общей устойчивости

Так как балка по всей длине закреплена ТБ толщиной  $t_{л} > 6 \text{ мм}$ , то общая устойчивость заведомо обеспечена.

### 2.6.3.8 Проверка местной устойчивости

Условная гибкость стенки:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{142}{2} \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,38 \quad (245)$$

где  $h_w$  – высота стенки;

$t_w$  – толщина стенки;

$R_y$  – расчетное сопротивление, [4, таб. В. 3];

$E$  – модуль упругости.

Так как  $\bar{\lambda}_w \leq 3,2$  шаг основных поперечных ребер жесткости «а» принимаем  $2,5 \cdot h_w$ .  $a = 2,5 \cdot 142 = 355 \text{ см}$ . Принимаем  $a = 300 \text{ см}$ .

Ширина двусторонних ребер  $b_h$  принимаем не менее  $\frac{h_w}{30} + 40 \text{ мм}$ .

$$b_h = \frac{1420}{30} + 40 = 87,3. \text{ Принимаем } b_h = 100 \text{ мм.}$$

$$t_s = \frac{1}{10} \cdot b_h = \frac{100}{10} = 10 \text{ мм.}$$

Проверка устойчивости стенки ПБ при совместном действии  $\sigma, \sigma_{loc}, \tau$  проводится в одном из отсеков, образованных поясами и ребрами жесткости по формуле:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \gamma_c, \quad (246)$$

$\gamma_c$  – коэффициент условия работ, [4, табл. 1].

Нормальные напряжения в уровне верха стенки:

$$\sigma = \frac{M_p}{J_x} \cdot y, \text{ кН/см}^2; \quad (247)$$

где  $J_x$  – момент инерции ПБ;

$M_p$  – изгибающий момент, определяемый на расстоянии  $h_w/2$  от ребра с большим значением момента при  $a > h_w$ , (смотреть рисунок 45);

$y$  – расстояние до верха стенки.

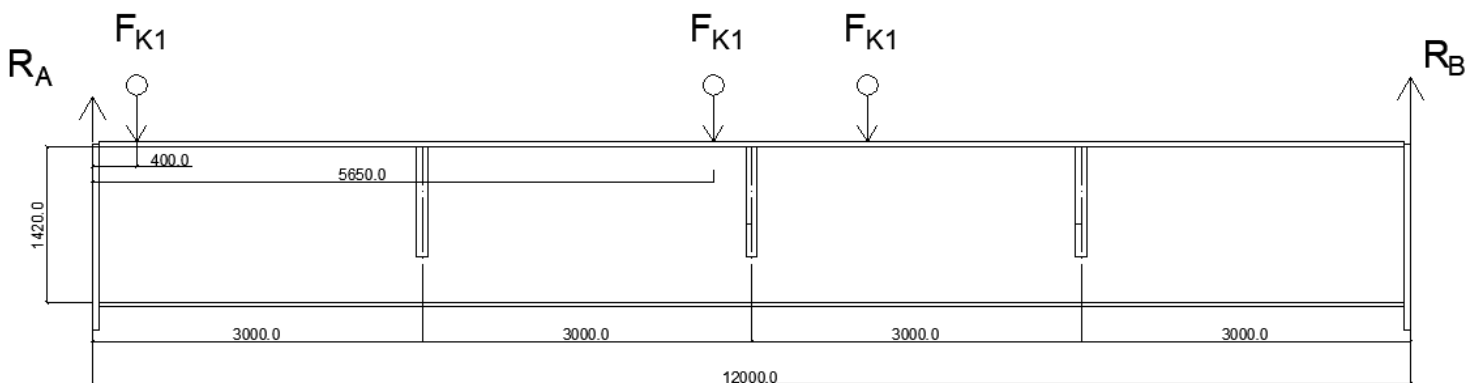


Рисунок 45 – Определение расчетного момента в отсеке

Касательные напряжения:

$$\tau = \frac{Q_p}{h_w \cdot t_w}, \text{ кН/см}^2, \quad (248)$$

где  $Q_p$  – поперечная сила, определяемая в том же сечении, где и  $M_p$ ;

$h_w$  – высота стенки;

$t_w$  – толщина стенки.

Критические напряжения:

$$\sigma_{cr} = \frac{C_{cr} \cdot R_y}{\bar{\lambda}_w^2}, \text{ кН/см}^2, \quad (249)$$

где  $C_{cr}$  – находится по таблице 12 [4] в зависимости от

$$\delta = \beta \cdot \frac{b_f}{h} \cdot \left( \frac{t_f}{t_w} \right)^3, \quad (250)$$

$\beta$  – коэффициент по таблице 13 [4].

$$\tau_{cr} = 10,3 \cdot \left( 1 + \frac{0,76}{\mu^2} \right) \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_{ef}^2}, \text{ кН/см}^2, \quad (251)$$

где  $\mu$  – отношение большей стороны отсека к меньшей;

$$\bar{\lambda}_{ef} = \frac{d}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (252)$$

где  $d$  – меньшая сторона отсека;

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{c_1 \cdot R_y}{\bar{\lambda}_a^2}, \text{ кН/см}^2, \quad (253)$$

где  $c_1$  – коэффициент по таблице 23 [6], зависящий от отношения  $a/h_w$  и  $\delta$ ,

$$\bar{\lambda}_a = \frac{a}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (254)$$

Проверку местной устойчивости следует делать в двух отсеках: ближе к середине пролета, где наибольший момент  $M$  и ближе к опоре, где наибольшая поперечная сила  $Q$ .

Расчет:

- центральный отсек (см. рисунок 46):

Нормальные напряжения в уровне верха стенки по формуле 247:

$$\sigma = \frac{289043,6}{2353023} \cdot 71 = 8,72 \text{ кН/см}^2;$$

$$M_p = R_a \cdot (40 + 489) - F_{k1} \cdot 489 = 1059,8 \cdot 529 - 555,4 \cdot 489 = \\ = 289043,6 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

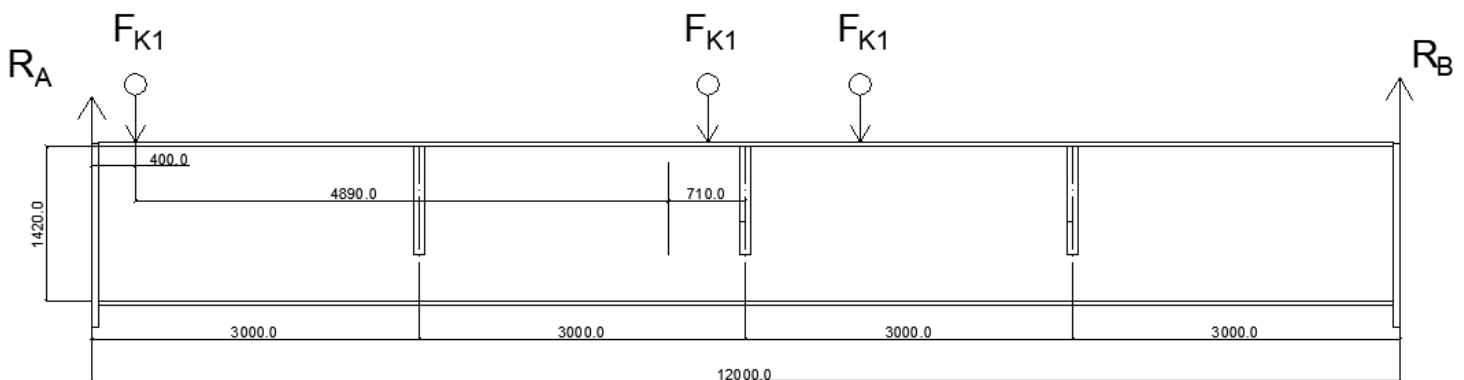


Рисунок 46 – Определение расчетного момента во втором отсеке

Касательные напряжения по формуле 248:

$$\tau = \frac{1115,5}{142 \cdot 2} = 3,93 \text{ кН/см}^2.$$

Критические напряжения по формулам 246, 249-254:



$$\sigma_{cr} = \frac{34,67 \cdot 23}{6,68^2} = 17,87 \text{ кН/см}^2;$$

$$\delta = 2 \cdot \frac{44}{150} \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^3 = 4,7;$$

$$\tau_{cr} = 10,3 \cdot \left(1 + \frac{0,76}{2,81^2}\right) \cdot \frac{23}{2,37^2} = 46,23 \text{ кН/см}^2;$$

$$\bar{\lambda}_{ef} = \frac{142}{2} \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,37;$$

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{65,95 \cdot 23}{6,68^2} = 33,99 \text{ кН/см}^2;$$

$$\bar{\lambda}_a = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 6,68;$$

$$\sqrt{\left(\frac{8,6}{17,87} + \frac{9,79}{33,99}\right)^2 + \left(\frac{3,93}{46,23}\right)^2} \leq 1,1;$$

$$0,77 < 1,1.$$

- опорный отсек (см. рисунок 47):

Нормальные напряжения в уровне верха стенки по формуле 247:

$$\sigma = \frac{137723,6}{2353023} \cdot 71 = 4,15 \text{ кН/см}^2;$$

$$M_p = R_a \cdot 229 - F_{k1} \cdot 189 = 1059,8 \cdot 229 - 555,4 \cdot 189 = 137723,6 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

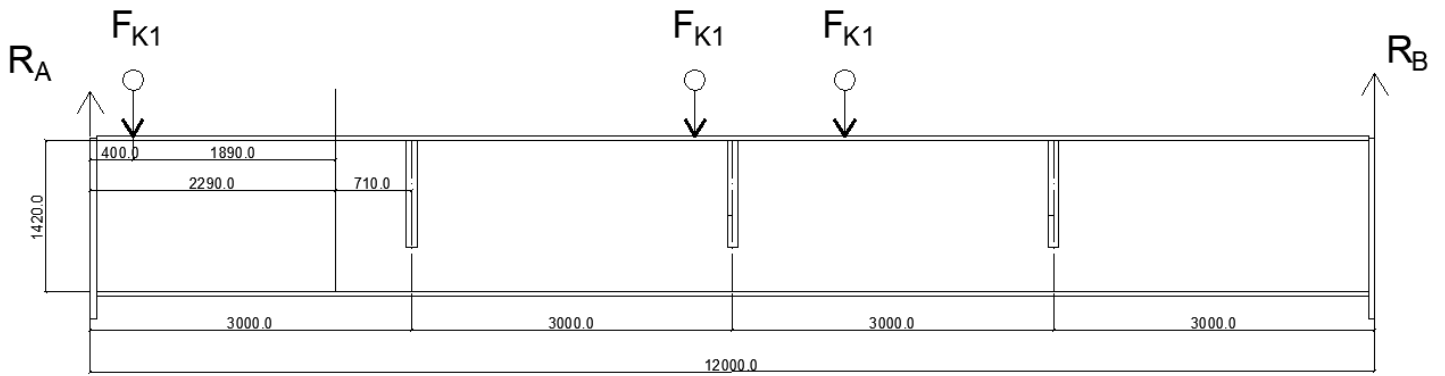


Рисунок 47 – Определение расчетного момента в крайнем отсеке  
Касательные напряжения по формуле 248:

$$\tau = \frac{1115,5}{142 \cdot 2} = 3,93 \text{ кН/см}^2.$$

Критические напряжения по формулам 246, 249-254:

$$\sigma_{cr} = \frac{34,67 \cdot 23}{6,68^2} = 17,87 \text{ кН/см}^2;$$

$$\delta = 2 \cdot \frac{44}{150} \cdot \left(\frac{4}{2}\right)^3 = 4,7;$$

$$\tau_{cr} = 10,3 \cdot \left(1 + \frac{0,76}{2,81^2}\right) \cdot \frac{23}{2,37^2} = 46,23 \text{ кН/см}^2;$$

$$\bar{\lambda}_{ef} = \frac{142}{2} \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,37;$$

$$\sigma_{loc,cr} = \frac{65,95 \cdot 23}{6,68^2} = 33,99 \text{ кН/см}^2;$$

$$\bar{\lambda}_a = \frac{400}{2} \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 6,68;$$

$$\sqrt{\left(\frac{5,67}{17,87} + \frac{9,79}{33,99}\right)^2 + \left(\frac{3,93}{46,23}\right)^2} \leq 1,1;$$

$$0,61 < 1,1.$$

### 2.6.3.9 Расчет опорной части ПБ

Концы разрезных балок усиливаются поперечными ребрами, которые передают опорное давление с балки на колонну. Применяем торцевой вид опорного ребра. В торцевом ребре нижний торец должен быть остроган (смотреть рисунок 48)

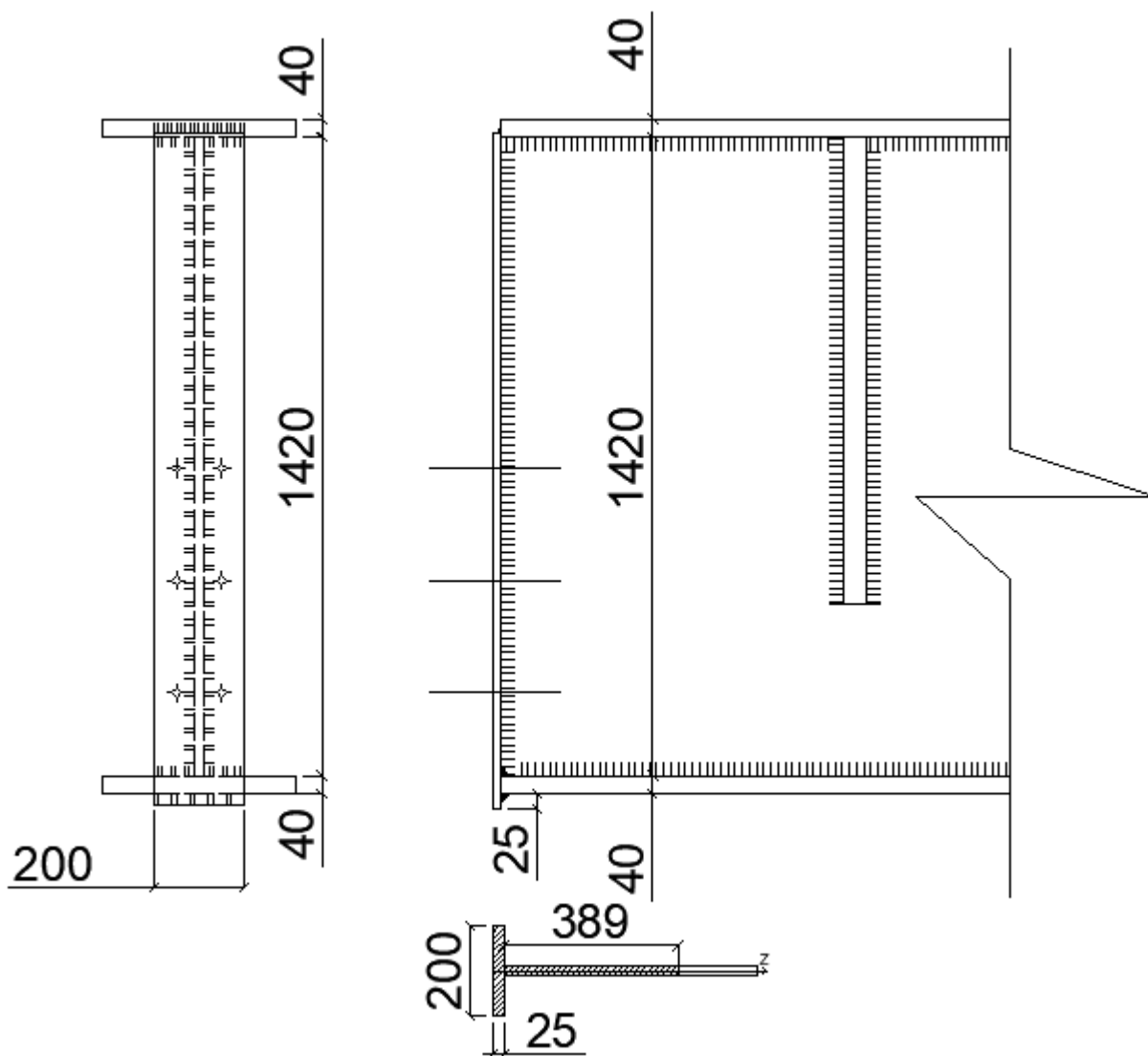


Рисунок 48 – Опорные ребра подкрановых балок

Требуемая площадь ребра находится из условия смятия:

$$A_{\text{тр}} = \frac{Q}{R_p \cdot \gamma_c} = \frac{1148,56}{\frac{54}{1,025} \cdot 1} = 21,8 \text{ см}^2; \quad (255)$$

Принимаем  $b_0 = 20$  см, тогда

$$t_0 = \frac{A_{\text{тр}}}{b_0} = \frac{21,8}{20} = 1,09 \text{ см, принимаем } 2 \text{ см.} \quad (256)$$

Предельное значение ширины выступающей части ребра:

$$c = 0,65 t_w \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,65 \cdot 2 \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4}{23}} = 38,9 \text{ см;} \quad (257)$$

Фактический свес ребра:

$$\frac{b_0 - t_w}{2} = \frac{20 - 2}{2} = 9 \text{ см} < c = 38,9 \text{ см;} \quad (258)$$

Местная устойчивость ребра обеспечена.

$$A_{\text{усл}} = b_0 \cdot t_0 + c \cdot t_w = 20 \cdot 2 + 38,9 \cdot 2 = 117,8 \text{ см}^2; \quad (259)$$

Проверка устойчивости проводится по формуле:

$$\sigma_z = \frac{Q}{\varphi_z \cdot A_{\text{усл}}} \leq R_y \cdot \gamma_c; \quad (260)$$

$$J_z = \frac{b_0^3 \cdot t_0}{12} + \frac{c \cdot t_w^3}{12} = \frac{20^3 \cdot 2}{12} + \frac{38,9 \cdot 2^3}{12} = 1359,26 \text{ см}^4; \quad (261)$$

$$i_z = \sqrt{\frac{J_z}{A_{\text{усл}}}} = \sqrt{\frac{1359,26}{117,8}} = 3,4 \text{ см;} \quad (262)$$

$$\lambda_w = \frac{h_w}{i_z} = \frac{142}{3,4} = 41,77; \quad (263)$$

$$\sigma_z = \frac{1148,56}{0,894 \cdot 117,8} \leq 23 \cdot 1;$$

$$10,9 \text{ кН/см}^2 \leq 23 \text{ кН/см}^2;$$

Опорное ребро приваривается к балке угловыми швами. Рассчитывают вертикальные швы, длина которых  $l_w = h_w - 2 \text{ см} \leq 85 \cdot \beta_f \cdot k_f$ .

$$l_w = 142 - 2 \text{ см} \leq 85 \cdot \beta_f \cdot k_f.$$

Требуемый катет шва:

- по металлу шва:

$$k_f \geq \sqrt{\frac{Q_{max}}{2 \cdot \beta_f^2 \cdot R_{wf} \cdot 85 \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}}, \text{ см}; \quad (264)$$

- по металлу границы сплавления:

$$k_f \geq \sqrt{\frac{Q_{max}}{2 \cdot \beta_f \cdot 85 \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c}}, \text{ см}; \quad (265)$$

- по металлу шва по формуле 264:

$$k_f \geq \sqrt{\frac{1148,56}{2 \cdot 0,7^2 \cdot 18 \cdot 85 \cdot 1 \cdot 1}} = 0,87 \text{ см};$$

- по металлу границы сплавления по формуле 265:

$$k_f \geq \sqrt{\frac{1148,56}{2 \cdot 1 \cdot 85 \cdot 18,45 \cdot 1 \cdot 1}} = 0,60 \text{ см};$$

$$k_{max} = 1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ см}.$$

Принимаем  $k_f = 12 \text{ мм}$ .

## 2.7 Расчет фундамента

Исходные данные представлены в таблице 49.

Таблица 49–Исходные данные

№ гр.	Пл-ть $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Пл-ть частиц грунта $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Удел.вес, кН/м <sup>3</sup>	Удел.вес частиц, кН/м <sup>3</sup>	Вл-ть $W$ , %	Вл-ть на границе текучести $W_L$ , %	Вл-ть на границе раскатывния $W_P$ , %	Коэф-т сжимаемости $m_0$ , см <sup>2</sup> /Н	Коэф-т фильтрации $k$ , см/сек		
1	1,9	2,66	19	26,6	14,6	0	0	0,0017	$1,6 \cdot 10^{-6}$		
2	1,92	2,68	19,2	25,4	19	24	18	0,0005	$2,7 \cdot 10^{-7}$		
3	1,95	2,74	19,5	27,4	24	31	18	0,0017	$1,1 \cdot 10^{-3}$		
Гранулометрический состав грунта											
№ гр.	>5	5,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
1	0	1	4	14	19	30	10	12	10	0	0
2	0	0	0	3	2	5	30	20	26	2,1	1,6
3	0	0	0	0,2	2,6	7,2	17	25	34	8	8

Таблица 50 – Прочностные характеристики

Наименование показателей	Слой грунтов		
	I	II	III
Грунт	Пылеватый песок, влажный, средней плотности	Супесь в пластичном состоянии	Суглинок в тугопластичном состоянии
Удельный вес $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	19	19,2	19,95
Коэффициент пористости $e$	0,6053	0,66	0,745
Показатель текучести $J_L$	0	0,167	0,46
Удельное сцепление $c_n$ , кПа	5	15	23
Угол внутреннего трения $\varphi_n$ , °	32	27	21
Расчетное сопротивление $R_0$ , кПа	150	250	170
Модуль деформации $E$ , кПа	23	16	14

Определение прочностных и деформативных характеристик грунтов

$$J_p = W_L - W_P \quad (266)$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \frac{W}{100}} \quad (267)$$

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} \quad (268)$$

$$J_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} \quad (269)$$

Грунт №1. Пылеватый песок, влажный, средней плотности:

$$J_p = 0 - 0 = 0\%;$$

$$\rho_d = \frac{1,9}{1 + 0,01 \cdot 14,6} = 1,657 \text{ г/см}^3;$$

$$e = \frac{2,66 - 1,657}{1,657} = 0,605 \text{ г/см}^3;$$

$$c_n = 5 \text{ кПа}; \varphi_n = 32^\circ;$$

$$E = 23 \text{ Мпа}; R_0 150 \text{ кПа.}$$

Грунт №2. Супесь в пластичном состоянии:

$$J_p = 24 - 18 = 6\%;$$

$$\rho_d = \frac{1,92}{1 + 0,01 \cdot 19} = 1,613 \text{ г/см}^3;$$

$$e = \frac{2,68 - 1,63}{1,63} = 0,66 \text{ г/см}^3;$$

$$J_L = \frac{19 - 18}{6} = 0,1667$$

$$c_n = 15 \text{ кПа}; \varphi_n = 27^\circ;$$



$$E = 16 \text{ Мпа}; R_0 = 250 \text{ кПа}.$$

Грунт №3. Суглинок в тугопластичном состоянии:

$$J_p = 31 - 18 = 13\%;$$

$$\rho_d = \frac{1,95}{1+0,01 \cdot 24} = 1,57 \text{ г/см}^3;$$

$$J_L = \frac{24-18}{13} = 0,46;$$

$$e = \frac{2,74-1,57}{1,57} = 0,745 \text{ г/см}^3;$$

$$c_n = 23 \text{ кПа}; \varphi_n = 21^\circ;$$

$$E = 14 \text{ Мпа}; R_0 = 170 \text{ кПа}.$$

### 2.7.1 Определение глубины заложения подошвы фундамента

Определяем нормативную глубину сезонного промерзания грунта, которую находим по максимальной глубине промерзания в течение 10 лет на площадке свободной от снега по формуле:

$$d_{fn} = d_0 \cdot \sqrt{M_t} = 0,28 \cdot \sqrt{|62,5|} = 2,21 \text{ м}; \quad (270)$$

где  $d_0$  – принимается по [9, п.5.5.3];

$M_t$  – сумма среднемесячных отрицательных температур зимних месяцев для данного района (г. Омск), значение температур преведено в разделе 1 п. 3.1.3;

$$M_t = -17,2 - 15,9 - 7,8 - 7,3 - 14,3 = -62,5^\circ \text{C}; \quad (271)$$

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта определяется по формуле:

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} = 0,6 \cdot 2,21 = 1,326 \text{ м}; \quad (272)$$

где  $k_h$  – коэффициент теплового режима здания, определяемый по [9, п. 5.5.4],  $k_h = 0,6$  для неотапливаемого здания, при  $t=15^\circ\text{C}$ .

Определим глубину заложения подошвы с учетом конструктивных требований.

Конструктивная высота фундамента должна быть не менее:

$$h_{\phi} = h_3 + 0,05 + 0,2 = 1 + 0,05 + 0,2 = 1,25 \approx 1,5\text{м}; \quad (273)$$

Высоту  $h_{\phi}$  округляем в большую сторону до величины, кратной 300 мм,  $h_{\phi}=1,5\text{м}$

где  $h_3$  – глубина заделки колонны в фундамент, м;

0,05 м – толщина бетона в стакане;

0,2 м – минимальная толщина дна стакана, допускаемая по конструктивным требованиям.

$$d_f = h_{\phi} + 0,15 + 0,1 = 1,5 + 0,15 + 0,1 = 1,75\text{м}; \quad (274)$$

где 0,15 – расстояние от отметки верха фундамента до отметки чистого пола, требуемое для условий выполнения работ нулевого цикла,

Уровень грунтовых вод находится на отметке 249,50 м, подошва фундамента находится на отметке 250,25 м. Подошва фундамента должна находиться на расстоянии не менее  $0,5b$  от уровня грунтовых вод или опускаться ниже более чем на 0,5 м. Расстояние от подошвы проектируемого фундамента до уровня грунтовых вод 1,15 м, что меньше  $0,5b = 1,5$  м. Необходимо заглубить подошву фундамента на 0,65 м ниже уровня грунтовых вод. Тогда высота фундамента  $h_{\phi} = 2,3$  м, глубина заложения фундамента  $d = 3,15$  м.

$$d_f = h_{\phi} + 0,15 = 3 + 0,15 = 3,15\text{м}; \quad (275)$$

## 2.7.2 Определение размеров подошвы фундамента при

## одновременном действии момента, нормальных и поперечных сил

Расчет производим по сечению 4-4:

$$N_{\text{соот}} = -1097,5; M_{\text{max}} = 1509,47 \text{ кН} \cdot \text{м}; Q_{\text{соот}} = -139,126 \text{ кН}.$$

Площадь фундамента

$$A = \frac{\beta \cdot N_{\text{соот}}}{R_0 - \gamma_{\text{ср}} \cdot d} \quad (276)$$

где  $R_0$  – расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента, кПа;

$\beta$  – коэффициент, принимаем в пределах 1,2÷1,4;

$\gamma_{\text{ср}} = 20 \text{ кН/м}^3$  – усредненный удельный вес грунта под подошвой фундамента.

$$A = \frac{1,2 \cdot 1097,5}{150 - 20 \cdot 3,15} = 15,13 \text{ м}^2$$

Определение размеров подошвы фундамента

$$\lambda = \frac{l}{b} = (1,2 - 1,4); \quad b = \sqrt{\frac{A}{\lambda}} \text{ значение должно быть кратно } 300$$

$$b = \sqrt{\frac{15,13}{1,2}} = 3,6 \text{ м} \text{ – принимаем } 3 \text{ м}$$

$$l = 1,2 \cdot 3 = 3,6 \text{ м}$$

Среднее давление  $P$  не должно превышать величины расчетного сопротивления грунта основания  $R$ :

$$P = \frac{N_{\text{соот}}}{b \cdot l} + \gamma_{\text{mt}} \cdot d + q \leq R; \quad (277)$$

где  $\gamma_{\text{mt}}$  – средневзвешенное значение удельных весов тела фундамента, грунта и пола, расположенного над подошвой фундамента, принимается  $\gamma_{\text{mt}} = 20 \text{ кН/м}^2$ ;

$q$  – равномерная распределенная вертикальная пригрузка  $q = 20 \text{ кН/м}^2$ ;

$R$  – расчетное сопротивление грунта основания, определяемое в соответствии с [9, п. 5.6.7]:

$$P = \frac{1097,5}{3 \cdot 3,6} + 20 \cdot 3,15 + 20 = 155,58 \text{ кПа}; \quad (278)$$

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_g \cdot d \cdot \gamma'_{II} + (M_g - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_u]; \quad (279)$$

где  $\gamma_{c1}, \gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы, определяем по [9, т. 5.4];

$M_{\gamma}, M_g, M_c$  – коэффициенты, принимаем по [9, т. 5.5];

$k = 1,1$  – так как грунт определен не испытаниями;

$k_z = 1$  – для  $b < 10$  м.

$\gamma_{II}, \gamma'_{II}$  – удельный вес грунта над подошвой и под подошвой фундамента;

$c_{II}$  – коэффициент сцепления грунта под подошвой фундамента.

$$R = \frac{1,1 \cdot 1}{1,1} [1,34 \cdot 1 \cdot 3,0 \cdot 19 + 6,34 \cdot 3,15 \cdot 19 + 8,55 \cdot 5] = 498,579 \text{ кПа}.$$

Максимальное краевое давление  $P_{\max}$  при любых сочетаниях нагрузок может быть повышено до  $1,2 \cdot R$  при выполнении условий [9, п. 5.6.24], а минимальное давление  $P_{\min}$  должно быть больше нуля:

$$P_{\max} \leq 1,2R; P_{\min} > 0.$$

Последнее требование объясняется тем, что треугольная эпюра давлений для зданий с мостовыми кранами не рекомендуется, так как продольные и поперечные тормозные силы могут вызвать поворот фундаментов вокруг точки с ординатой  $P_{\max}$ .

Краевые давления под подошвой фундамента  $P_{\max}, P_{\min}$  находят в предположении линейного распределения давления по грунту в направлении действия момента по формуле:

$$P_{\max, \min} = P \pm \frac{M^{II} + Q^{II} \cdot h_{\phi}}{W_y}; \quad (280)$$

где  $h_{\phi}$ —высота фундамента, м;

$W_y$  – момент сопротивления подошвы фундамента относительно оси  $y$ ,  
определяется по формуле:

$$W_y = \frac{b \cdot l^2}{6} = \frac{3 \cdot 3,6^2}{6} = 10,29 \text{ м}^3. \quad (281)$$

$$P_{max} = 155,58 + \frac{1509,47 + (-139,126) \cdot 3}{10,29} = 261,71 \text{ кПа};$$

$$P_{min} = 155,58 - \frac{1509,47 + (-139,126) \cdot 3}{10,29} = 49,44 \text{ кПа}.$$

Проверяем, чтобы средняя величина давления по подошве была меньше расчетного сопротивления, и удовлетворялось условие для крайних ординат давлений:

$$\text{а) } P \leq R;$$

$$155,58 \leq 498,579 \text{ кПа};$$

$$\text{б) } P_{max} \leq 1,2R;$$

$$261,71 \text{ кПа} \leq 1,2 \cdot 498,579 = 598,3 \text{ кПа};$$

$$\text{в) } P_{min} = 49,44 \text{ кПа} > 0.$$

## 2.7.3 Расчет осадок фундаментов методом послойного элементарного суммирования

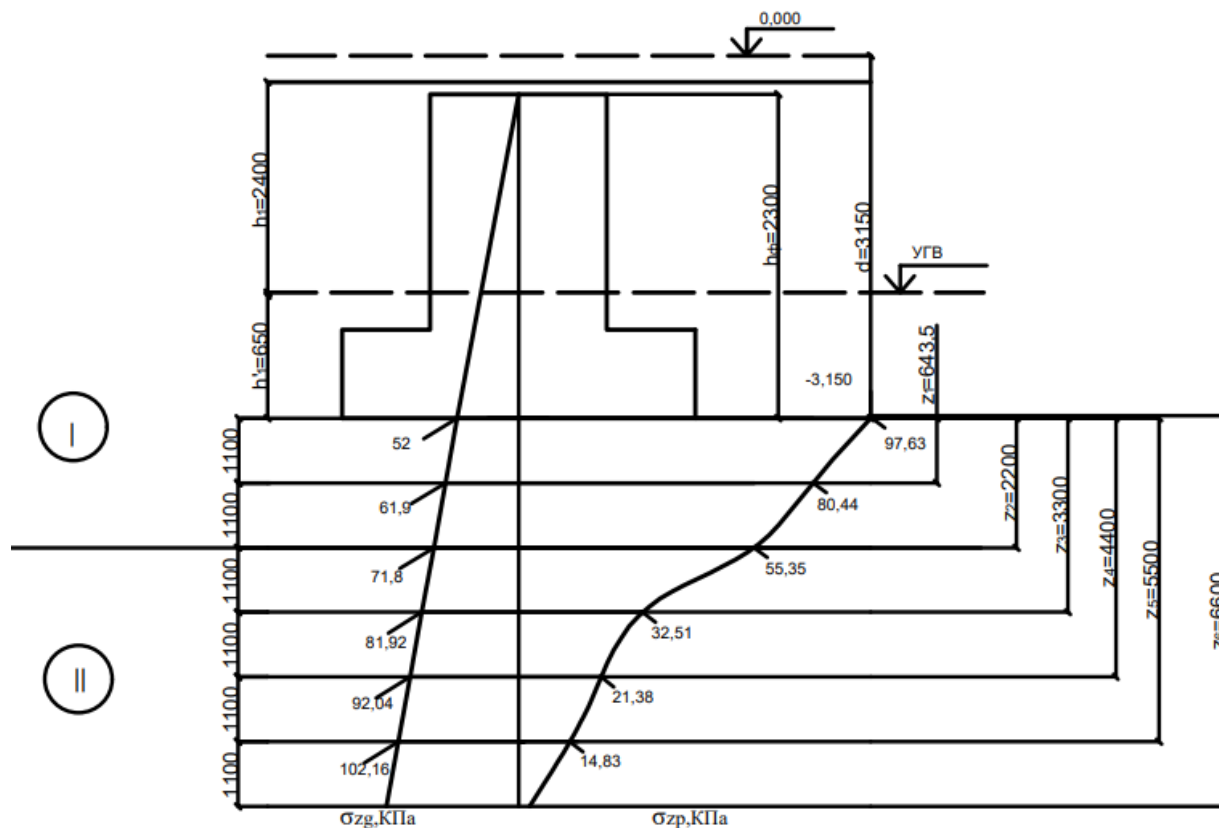


Рисунок 49 – Расчетная схема к определению напряжений в грунте под подошвой фундамента

Для определения глубины сжимаемой толщины  $H_c$ , разбиваем ее на слои толщиной  $h_{эл. i} \leq 0,4 \cdot b$

$$h_{эл. i} = 0,4 \cdot b = 0,4 \cdot 3,6 = 1,44 \text{ м. принимаем } 1,1 \text{ м (см. рисунок 49).}$$

Определяем нулевую отметку:

$$0.000 = \frac{\sum \text{абс.отм}}{n_{отм}} = \frac{251,00 + 252,00 + 253,00}{3} = 252,00 \quad (282)$$

$$\sigma_{zg, i} = \sum \gamma_i \cdot h_{zi}, \quad (283)$$

где  $\gamma_i$  – удельный вес  $i$ -того слоя грунта,  $\text{кН/м}^3$ ;

$h_{zi}$  – высота  $i$ -того элементарного слоя грунта, м.

$$\sigma_{zp,i} = \alpha_i \cdot P_0, \quad (284)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент, принимаем по [9, прил. В.3];

$$P_0 = P - \gamma_1 \cdot d_n, \quad (284)$$

где  $d_n$  – расстояние от подошвы фундамента до уровня природного рельефа, м.

Для определения нижней границы сжимающей толщи необходимо, чтобы выполнилось условие:

$$0,2 \cdot \sigma_{zg,i} \geq \sigma_{zp,i}.$$

$$\sigma_{zg,0} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_{1\text{взв}} \cdot h'_1, \quad (285)$$

где  $\gamma_{1\text{взв}}$  – удельный вес I-го грунта с учетом взвешивающего действия воды, кН/м<sup>3</sup>;

$$\gamma_{1\text{взв}} = \gamma_1 - \gamma_w, \quad (286)$$

где  $\gamma_w = 10$  кН/м<sup>3</sup> – удельный вес воды.

Определяем объемный вес взвешенного в воде грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$$\gamma_{1\text{взв.}} = \gamma_1 - \gamma_w = 19 - 10 = 9 \text{ кН/м}^3,$$

где,  $\gamma_1 = 19$  кН/м<sup>3</sup>.

$$\gamma_{2\text{взв.}} = \gamma_2 - \gamma_w = 19,2 - 10 = 9,2 \text{ кН/м}^3$$

Вычисляем напряжение от собственного веса:

$$\sigma_{zg0} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_{1\text{взв.}} \cdot h'_1, \quad (288)$$

где  $h_1$  – расстояние от поверхности земли до подошвы фундамента, м;

$h_1'$  – толщина подошвы фундамента, м;

$$\sigma_{zg0} = 19 \cdot 2,4 + 9 \cdot 0,65 = 52 \text{ кН/м}^3;$$

Определяем напряжение на границах элементарных слоев под центром подошвы фундамента (см. рисунок 50).

$$P_0 = 155,58 - 19 \cdot 3,05 = 97,63 \text{ кПа},$$

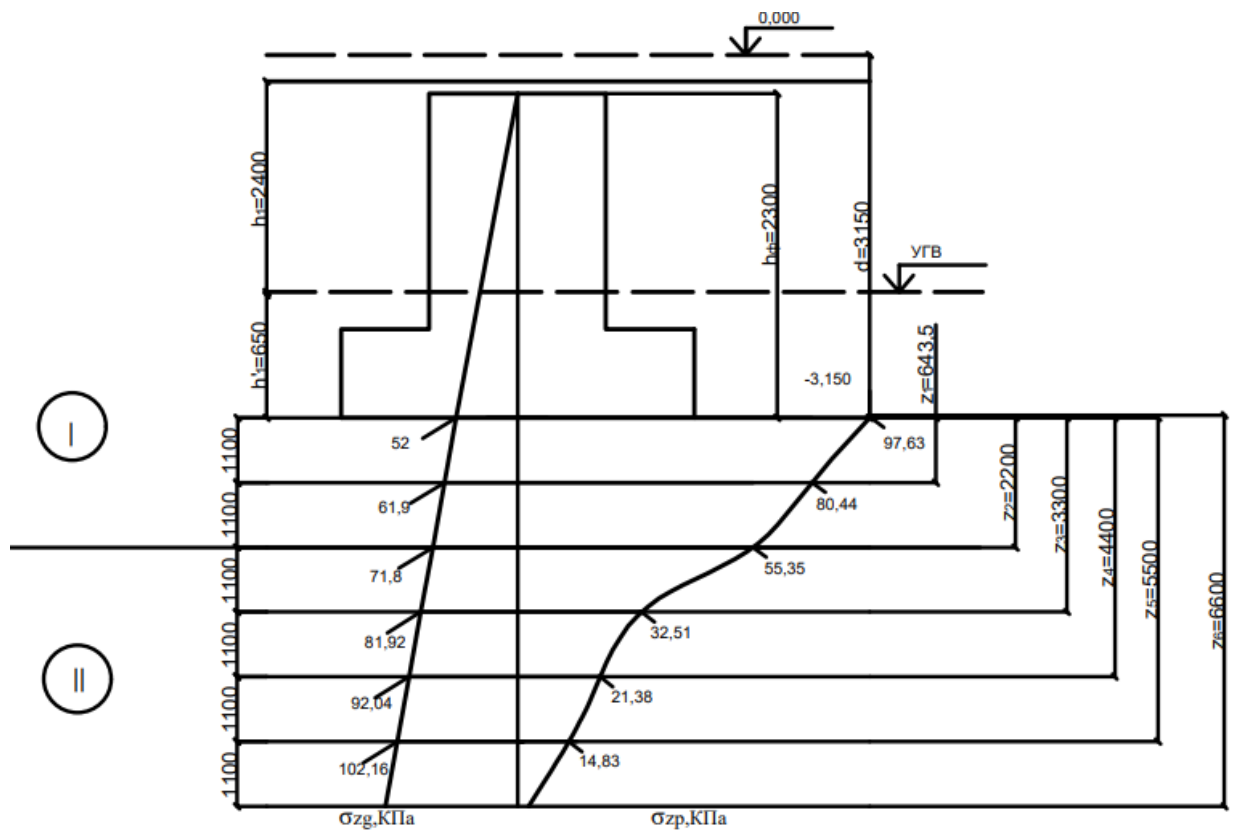


Рисунок 50 – Расчетная схема к определению абсолютной осадки фундамента

Определяем осадку основания с использованием расчетной схемой линейно деформируемого слоя:

$$S = \sum \frac{\sigma_{zpcpi} \cdot h_{эл.i}}{E_i}, \text{ мм}, \quad (289)$$



где  $E_i$  - модуль деформации  $i$ -слоя грунта, МПа.

Таблица 51 –Расчет напряжений

Наименование грунта	$\gamma_i$ , кН/м <sup>3</sup>	$h_{эi}$ , м	$\sigma_{zg} = \sigma_{zg,0} + \sum \gamma_i \cdot h_{эi}$ , МПа	$0,2 \cdot \sigma_{zg}$	$\alpha$	$\sigma_{zp,i} = \alpha \cdot p_0$ , МПа	$\sigma_{zp,i,сп}$ , МПа	$E_i$ , МПа	$S_{эi}$
Пылеватый песок, средней плотности	9	1,1	61,9	12,38	0,824	80,44712		23	
	9	1,1	71,8	14,36	0,567	55,35621	67,90167	23	0,00324747
Супесь в пластичном состоянии	9,2	1,1	81,92	16,384	0,333	32,51079	43,9335	16	0,00302043
	9,2	1,1	92,04	18,408	0,219	21,38097	26,94588	16	0,00185253
	9,2	1,1	102,16	20,432	0,152	14,83976	18,11037	16	0,00124509
$\Sigma$									0,00936552

Проводим проверку:

$$S \leq [S_u],$$

где  $S_n$  – допустимая осадка, принимаем по [9, прил. Д1],  $[S_u] = 8$  см.

$0,93 \text{ см} \leq 8 \text{ см}$  – условие выполняется.

Значение конечной осадки фундамента не превышает допустимого значения.

## 2.7.4 Расчет затухания осадки фундамента во времени

Схема к определению затухания осадки во времени фундамента на основании со слоями песчаного I слой и супесь II слой.

Расчет затухания осадки во времени для данного основания, можно не производить, т.к. осадка песчаных грунтов в основном происходит во время строительства.

## 2.7.5 Конструирование фундамента

Определим размеры подколонника

$$h_{\phi} = 2,3 \text{ м}$$

Определим размеры подколонника

а)  $b_{\Pi} = 3 \text{ м}$ ,

б)  $l_{\Pi} = 3,6 \text{ м}$ ,

$$l < l/b = 1,23 < 1,5$$

Вычислим вынос плитной части фундамента относительно граней подколонника (см. рисунки 51-52).

а)  $\frac{l-l_{\Pi}}{2} = \frac{3,6-1,5}{2} = 1,05 \text{ м}$  (290)

б)  $\frac{b-b_{\Pi}}{2} = \frac{3-1,2}{2} = 0,9 \text{ м}$  (291)

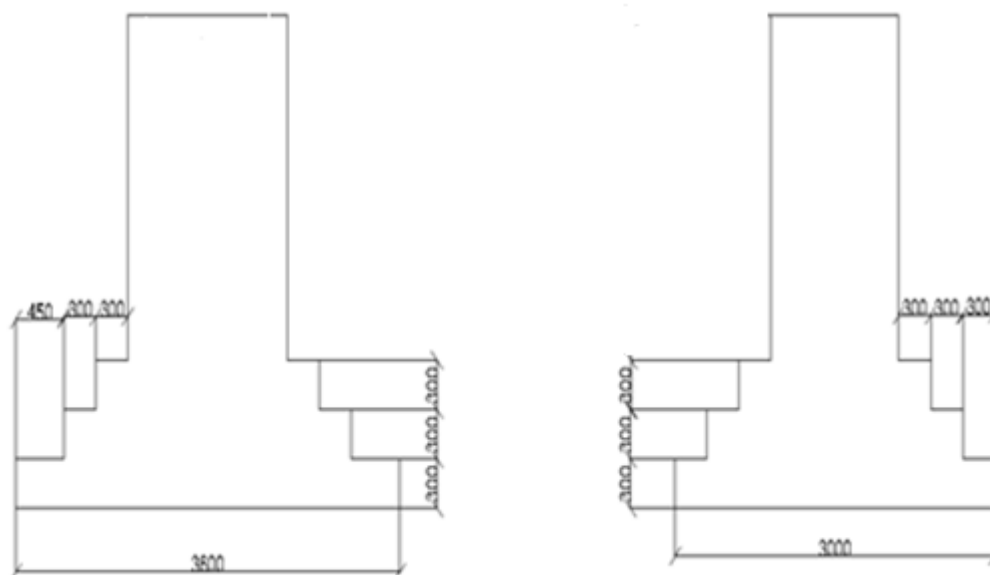


Рисунок 51 – Фундамент

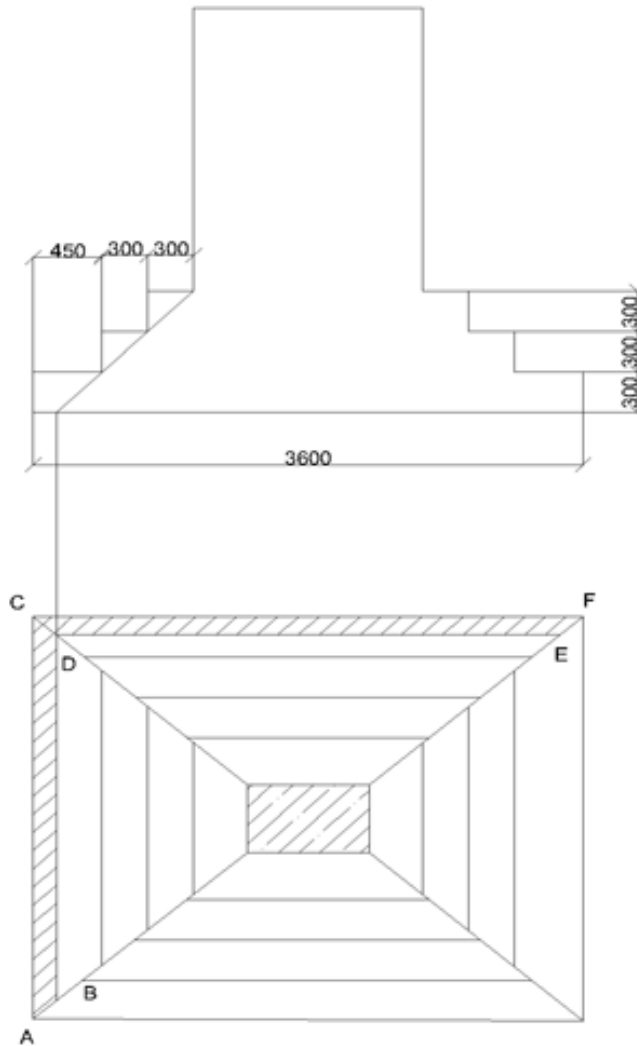


Рисунок 52 – Схема определения продавливающей силы

$$N_{\text{соот}} = -1097,5; M_{\text{max}} = 1509,47 \text{ кН} \cdot \text{м}; Q_{\text{соот}} = -139,126 \text{ кН}.$$

Расчет производим:

– в плоскости действия изгибающего момента:

$$N = P_{\text{max}}^I \cdot A_{\text{ABCD}} \leq \alpha \cdot R_{\text{bt}} \cdot b_{\text{ср}} \cdot h_0, \quad (292)$$

где  $P_{\text{max}}^I$  – максимальное давление под подошвой фундамента, кПа;

$A_{\text{ABCD}}$  – площадь фигуры продавливания ABCD, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  – коэффициент, принимаем равный 1;

$R_{\text{bt}}$  – расчетное сопротивление бетона класса В15 растяжению, кПа;

$$b_{cp} = b_{п} + h_0, \text{ м}; \quad (293)$$

$h_0$  – расстояние от дна подколонника до растянутой арматуры, м.

$$P_{max} = 155,58 + \frac{1509,47 + (-139,126) \cdot 3}{10,29} = 261,71 \text{ кПа};$$

$$A_{ABCD} = 0,4324 \text{ м}^2;$$

$$b_{cp} = 1,2 + 0,86 = 2,06 \text{ м.}$$

$$N = 261,71 \cdot 0,4324 = 113,16 \text{ кН} \leq 1 \cdot 750 \cdot 2,06 \cdot 0,86 = 1390 \text{ кН}$$

условие выполняется.

– из плоскости действия изгибающего момента:

$$N = P^I \cdot A_{CDFE} \leq \alpha \cdot R_{bt} \cdot l_{cp} \cdot h_0, \quad (294)$$

где  $P^I$  – среднее значение давления под подошвой фундамента, кПа;

$A_{CDFE}$  – площадь фигуры продавливания CDFE, м<sup>2</sup>;

$$l_{cp} = l_{п} + h_0, \text{ м.} \quad (295)$$

$$P^I = \frac{N_{max}^I}{b \cdot l} = \frac{1097,5}{3 \cdot 3,6} = 101,62 \text{ кПа},$$

$$A_{CDFE} = 0,4662 \text{ м}^2;$$

$$l_{cp} = 1,5 + 0,86 = 2,36 \text{ м.}$$

$$N = 101,62 \cdot 0,4662 = 102,1 \text{ кН} \leq 1 \cdot 750 \cdot 2,36 \cdot 0,86 = 1522,2 \text{ кН}$$

условие выполняется.

## 2.7.6 Проверка первой ступени по поперечной силе

– в плоскости действия изгибающего момента:

$$h_{01} \geq \frac{P_{max}^I \cdot a}{\varphi_{b3} \cdot R_{bt}}, \quad (296)$$

где  $\varphi_{b3} = 0,6$  – коэффициент для тяжелого бетона;

$$a = 0,5 \cdot (1 - l_{п} - 2 \cdot h_0) = 0,5 \cdot (3,6 - 1,5 - 2 \cdot 0,86) = 0,19 \text{ м}. \quad (297)$$

$$0,26 \text{ м} \geq \frac{261,71 \cdot 0,19}{0,6 \cdot 750} = 0,11 \text{ м}$$

условие выполняется.

– из плоскости действия изгибающего момента:

$$h_{01} \geq \frac{P^I \cdot u}{\varphi_{b3} \cdot R_{bt}}, \quad (298)$$

где  $u = 0,5 \cdot (b - b_{п} - 2 \cdot h_0) = 0,5 \cdot (3 - 0,9 - 2 \cdot 0,86) = 0,19 \text{ м}. \quad (299)$

$$0,26 \text{ м} \geq \frac{261,71 \cdot 0,19}{0,6 \cdot 750} = 0,11 \text{ м}$$

условие выполняется.

## 2.7.7 Расчет фундамента на изгиб

– в плоскости действия изгибающего момента (см. рисунки 53-54):

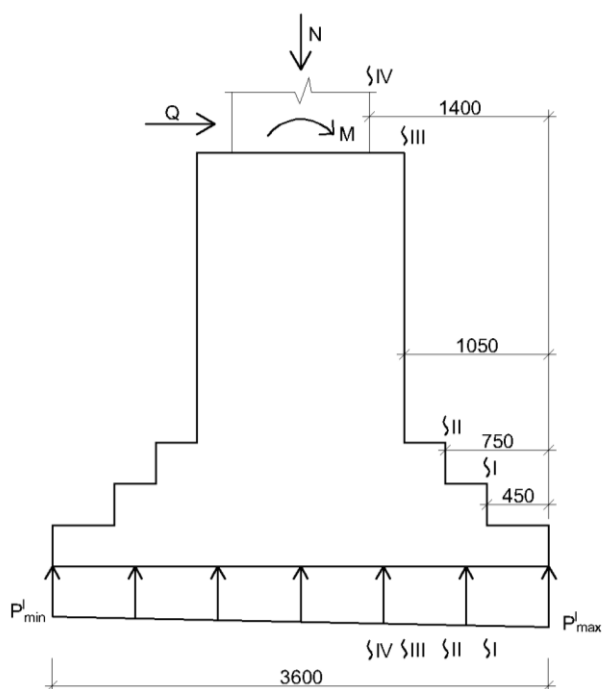


Рисунок 53 – Схема к определению расчетных сечений фундамента в плоскости действия изгибающего момента

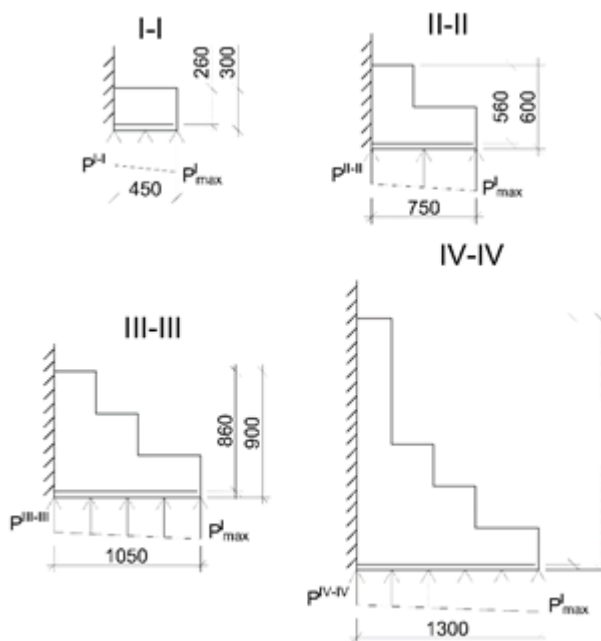


Рисунок 54 – Схемы для расчета арматуры в сечениях в плоскости действия изгибающего момента

Давление на фундамент в сечениях определяем с помощью подобия:

$$P_{max}^I = 261,71 \text{ кПа}; P_{min} = 49,44 \text{ кПа}; \quad (300)$$

$$P_{i-i} = P_{min} + \frac{P_{max} - P_{min}}{l} \cdot (l - l_i). \quad (301)$$

$$P_{I-I} = 49,44 + \frac{261,71 - 49,44}{3,6} \cdot (3,6 - 0,45) = 235,16 \text{ кПа};$$

$$P_{II-II} = 49,44 + \frac{261,71 - 49,44}{3,6} \cdot (3,6 - 0,75) = 217,47 \text{ кПа};$$

$$P_{III-III} = 49,44 + \frac{261,71 - 49,44}{3,6} \cdot (3,6 - 1,05) = 199,7 \text{ кПа};$$

$$P_{IV-IV} = 49,44 + \frac{261,71 - 49,44}{3,6} \cdot (3,6 - 1,4) = 179,15 \text{ кПа}.$$

Находим значение изгибающего момента в сечениях:

$$M_{i-i} = \frac{1}{2} \cdot (P_{max} + P_{i-i}) \cdot \frac{l_i^2}{2}. \quad (302)$$

$$M_{I-I} = \frac{1}{2} \cdot (261,71 + 235,16) \cdot \frac{0,45^2}{2} = 25,15 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{II-II} = \frac{1}{2} \cdot (261,71 + 217,47) \cdot \frac{0,75^2}{2} = 67,38 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{III-III} = \frac{1}{2} \cdot (261,71 + 199,7) \cdot \frac{1,05^2}{2} = 127,17 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{IV-IV} = \frac{1}{2} \cdot (261,71 + 179,15) \cdot \frac{1,4^2}{2} = 216,02 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Определяем площадь поперечного сечения арматуры на 1 погонный метр ширины фундамента:

$$A_{si} = \frac{M_{i-i}}{0,9 \cdot R_{si} \cdot h_{0i}}, \quad (303)$$

где  $R_{si}$  – расчетное сопротивление арматуры А400 растяжению, МПа.

$$A_{s1} = \frac{25,15 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 0,26} = 0,000307 \text{ м}^2 = 3,07 \text{ см}^2;$$

$$A_{s2} = \frac{67,38 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 0,56} = 0,000381 \text{ м}^2 = 3,81 \text{ см}^2;$$

$$A_{s3} = \frac{127,17 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 0,86} = 0,000469 \text{ м}^2 = 4,69 \text{ см}^2;$$

$$A_{s4} = \frac{216,02 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 2,96} = 0,000231 \text{ м}^2 = 2,31 \text{ см}^2.$$

Принимаем 6 стержней на один погонный метр фундамента диаметром 10 мм с шагом 200 мм с  $A_c^\phi = 4,17 \text{ см}^2$ .

– из плоскости действия изгибающего момента (см. рисунки 55-56):



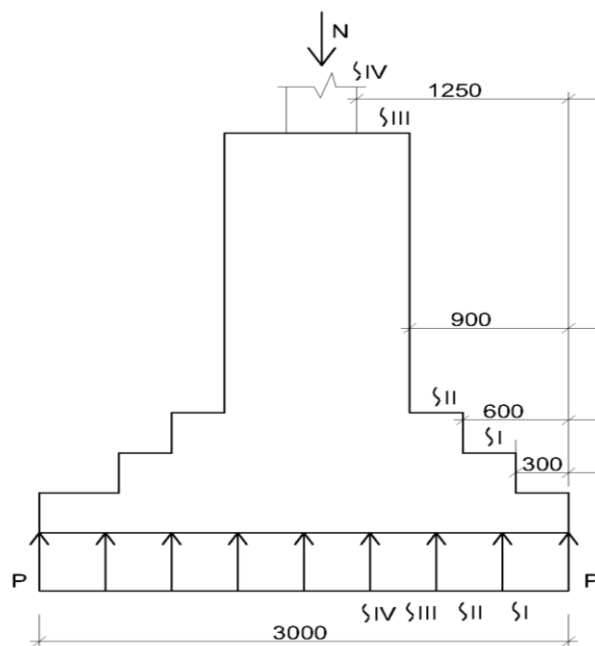


Рисунок 55 – Схема к определению расчетных сечений фундамента из плоскости действия изгибающего момента

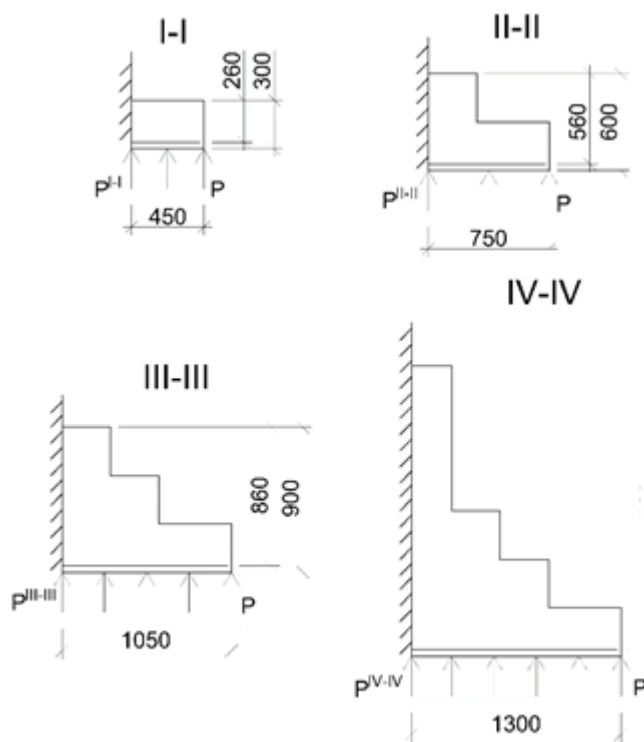


Рисунок 56 – Схемы для расчета арматуры в сечениях из плоскости действия изгибающего момента

Давление грунта во всех сечениях одинаково:

$$P_{i-i} = P = 261,71 \text{ кПа.}$$

Находим значение изгибающего момента в сечениях:

$$M'_{i-i} = P \cdot \frac{b_i^2}{2}. \quad (304)$$

$$M'_{1-1} = 261,71 \cdot \frac{0,3^2}{2} = 11,77 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{2-2} = 261,71 \cdot \frac{0,6^2}{2} = 47,01 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{3-3} = 261,71 \cdot \frac{0,9^2}{2} = 105,99 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{4-4} = 261,71 \cdot \frac{1,25^2}{2} = 204,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Определяем площадь поперечного сечения арматуры на 1 погонный метр ширины фундамента:

$$A'_{si} = \frac{M'_{i-i}}{0,9 \cdot R_{si} \cdot h_{0i}}. \quad (305)$$

$$A'_{s1} = \frac{11,77 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 0,26} = 0,000142 \text{ м}^2 = 1,42 \text{ см}^2;$$

$$A'_{s2} = \frac{47,01 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 0,56} = 0,000266 \text{ м}^2 = 2,66 \text{ см}^2;$$

$$A'_{s3} = \frac{105,99 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 0,86} = 0,000391 \text{ м}^2 = 3,91 \text{ см}^2;$$

$$A'_{s4} = \frac{204,4 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 350 \cdot 10^6 \cdot 2,96} = 0,000219 \text{ м}^2 = 2,19 \text{ см}^2.$$

Принимаем 6 стержней на 1 погонный метр фундамента диаметром 10 мм с шагом 200 мм с  $A_{с\phi} = 4,71 \text{ см}^2$  (см. рисунок 57).

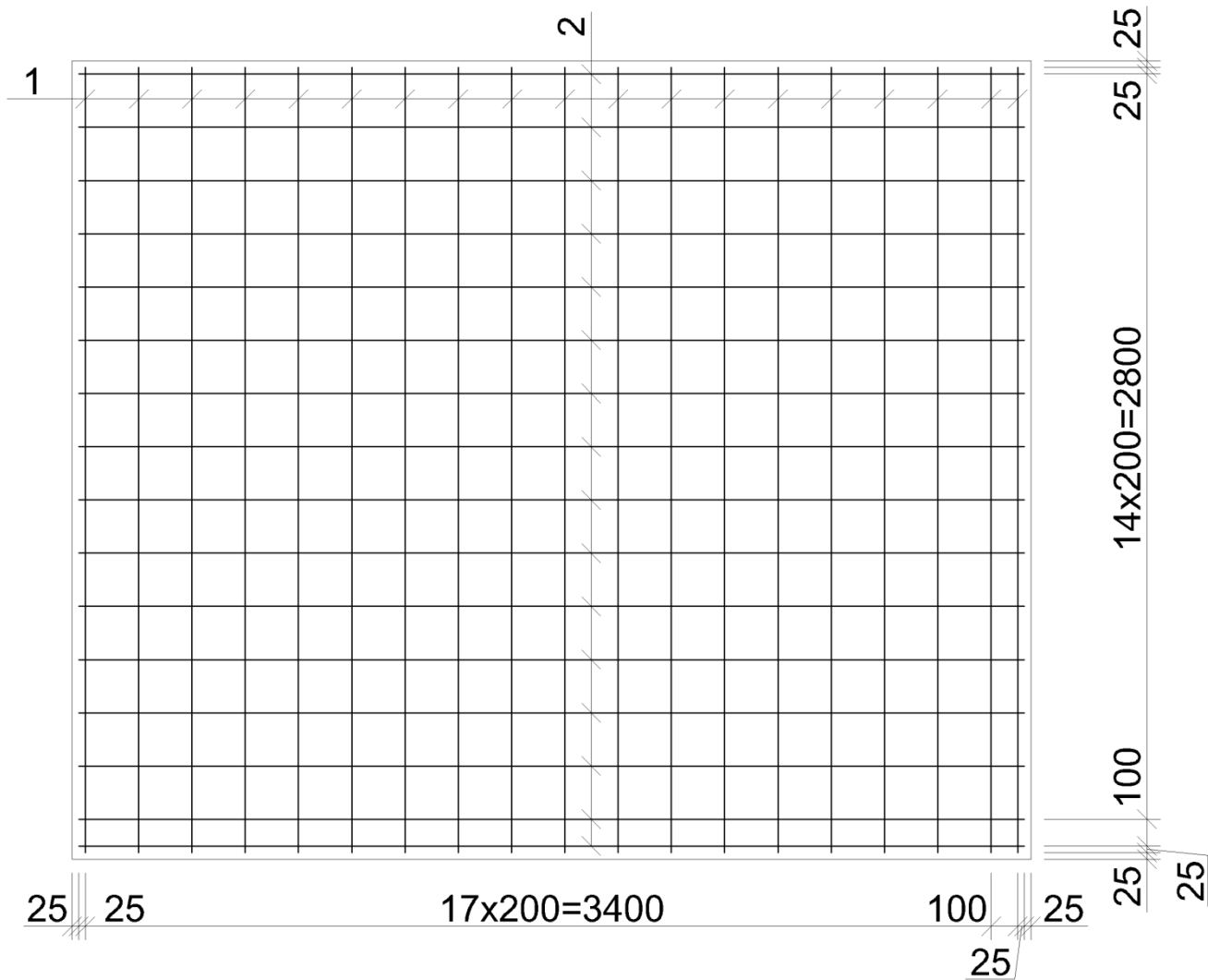


Рисунок 57 – Арматурная сетка С1 в подошве фундамента

## 2.7.8 Расчет подколонника и его стаканной части

### 2.7.8.1 Расчет продольной арматуры

По меньшей стороне подколонника подбираем вертикальную арматуру исходя из минимального процента армирования фундаментов ( $\mu \geq 5\%$ ):

$$A_s = A'_s = 0,0005 \cdot l_{\text{п}} \cdot b_{\text{п}} = 0,0005 \cdot 150 \cdot 120 = 9 \text{ см}^2. \quad (307)$$

Принимаем 6 стержней диаметром 14 мм с шагом 220 мм с  $A^{\phi}_s = A^{\phi}'_s = 9,23 \text{ см}^2$ . Горизонтальные стержни принимаем конструктивно 6 штук диаметром 8 мм с шагом 400 мм.

По большей стороне подколонника вертикальную арматуру принимаем конструктивно 3 стержня диаметром 10 мм с шагом 350 мм. Горизонтальную арматуру также принимаем конструктивно 6 стержней диаметром 8 мм с шагом 400 мм (см. рисунок 58).

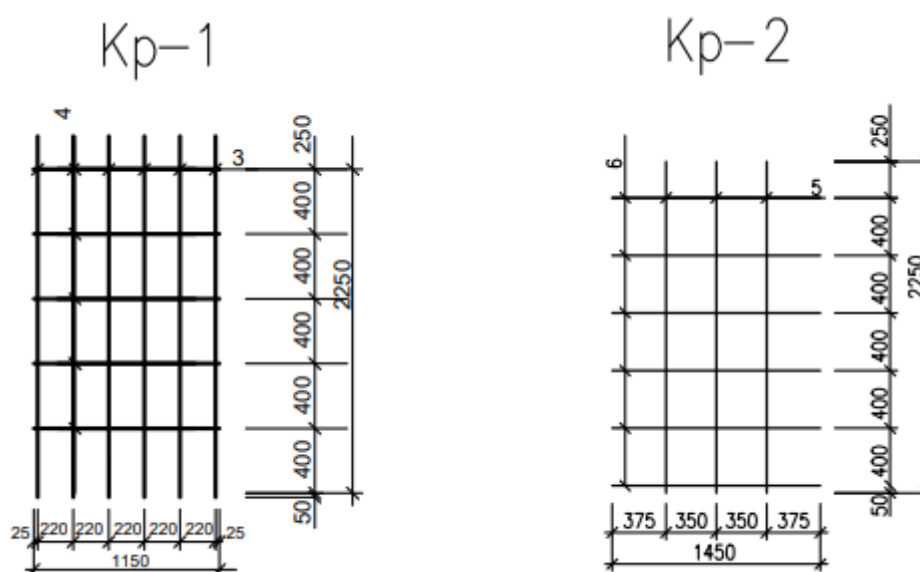


Рисунок 58 – Арматурные каркасы Кр-1 и Кр-2

Таблица 52 – Спецификация арматуры в фундаменте

Элемент	Марки изделий	Номер элемента	Диаметр и класс арматуры	Длина, мм	Количество		Общая длина, мм
					Изделие	Элемент	
ФМ-1	С-1	1	диаметр 10 А400	2950	19	19	56050
		2	диаметр 10 А400	3550	16	16	56800
	Кр-1	3	диаметр 10 А400	2950	6	12	35400
		4	диаметр 8 А400	850	6	12	10200
	Кр-2	5	диаметр 10 А400	2950	3	6	17700
		6	диаметр 8 А400	1450	6	12	17400

### 3 Организационно-технологический раздел

#### 3.1 Ведомость объемов работ

Таблица 53 – Ведомость объемов работ

Наименование работ	Формула подсчета, эскиз	Ед.изм.	Объем работ
Внутриплощадочные работы		тыс.руб	139,44
Земляные работы			
Планировка площадки	$36*108$	$m^2$	3888
Срезка растительного слоя	$3888*0,2$	$m^3$	777,6
Разработка траншеи и котлована экскаваторами	$V_H=36+1,8+0,6=38,4m$ $L_H=108+1,8+0,6=110,4m$ При $H=2m$ , $B=2*0,5=1m$ $B_B=38,4+2=40,4m$ $L_B=110,4+2=112,4m$ $V_K=2/4*(38,4+40,4)*(110,4+112,4)=5436,2m^3$ $L_T=2/0,15=13,3m$ $F1=0$ $F2=(7+9)/2*2=16m^2$ $V_T=(0+16)/2*13,3=106,4m^3$	$m^3$	5542,6
Разработка грунта вручную (подчистка)	$5542,6*0,07$	$m^3$	387,99
Уплотнение грунта	$110,4*26,4$	$m^3$	2914,56
Устройство бетонной подготовки	$70,4*26,4*0,15$	$m^3$	635,9

Продолжение таблицы 53

Обратная засыпка	5542,6-387,99	м <sup>3</sup>	5930,6
<b>Основания и фундаменты</b>			
Устройство железобетонных монолитных фундаментов	По проекту	м <sup>3</sup>	66
Устройство фундаментных балок	По проекту	100 шт	0,48
<b>Каркас здания</b>			
Установка колонн каркаса	По спецификации элементов	т шт	15,6 20
Установка стоек фахверков		т шт	3,7 28
Монтаж стропильных ферм	По спецификации элементов	т шт	9,09 10
Установка связей		т шт	11,44 8
Установка подкрановых балок	По спецификации элементов	т шт	11 18
Установка подкрановых путей	По спецификации элементов	т шт	6,6 18
Установка тормозных конструкций	По спецификации элементов	т шт	2,4 18
Укладка прогонов	По проекту	т шт	11,44 108
<b>Стены</b>			
Установка панелей стен из сэндвич панелей	ПС1 ПС2 ПС3 ПС4 ПС5	100 шт	4,04 0,98 1,28 0,03 0,03
<b>Устройство кровли</b>			
Устройство профилированного настила	36*108	100 м <sup>2</sup>	38,88
Устройство пароизоляции в один слой	36*108	100 м <sup>2</sup>	38,88

<i>Продолжение таблицы 53</i>			
Наименование работ	Формула подсчета, эскиз	Ед.изм.	Объем работ
Устройство минераловатной плиты	36*108	100 м <sup>2</sup>	38,88
Устройство 4-х слойной кровли из рубероида	36*108	100 м <sup>2</sup>	38,88
<b>Заполнение проемов</b>			
Установка окон ПВХ	По спецификации элементов	т	2,6
Установка ворот	По спецификации элементов	т	1.376
Заполнение дверных проемов	2,43*2,015*2	100 м <sup>2</sup>	0,1
<b>Полы</b>			
Уплотнение грунта		100 м <sup>2</sup>	38,88
Устройство бетонного подстилающего слоя	3888*0,1	м <sup>2</sup>	388,8
Бетонное покрытие пола	36*108	100 м <sup>2</sup>	38,88
<b>Разные работы</b>			
Устройство оснований под отмостку	$F_{отм} * h = 184 * 0,07$	м <sup>3</sup>	12,88
Покрытие основ отмостки асфальтовой смесью	$F_{отм} = 184$	м <sup>2</sup>	184
Монтаж металлических пожарных лестниц	8,5*30	т	0,26
<b>Санитарно-технические работы</b>			
Отопление		тыс. руб	105,73
Вентиляция		тыс. руб	103,27



<i>Продолжение таблицы 53</i>			
Наименование работ	Формула подсчета, эскиз	Ед.изм.	Объем работ
Водоснабжение и водоотведение		тыс. руб	135,35
Горячее водоснабжение		тыс. руб	77,64
<b>Электромонтажные работы</b>		тыс. руб	84,04
<b>Техническое обслуживание</b>			
Монтаж мостовых кранов		тыс. руб	1394,4
<b>Благоустройство</b>		тыс. руб	232,4
<b>Прочие неучтенные работы</b>		тыс. руб	498,99

### **3.2 Ведомость трудоемкости**

Ведомость трудоемкости приведена в Приложении В данного Документа.

### **3.3 Карточка-определитель работ сетевого графика**

Карточка-определитель работ сетевого графика приведена в Приложении Г.

### 3.4 Расчет площадей строительных складов

Запас материала определяем по формуле:

$$Q_{зан} = \frac{Q_{общ}}{T} \alpha n k, \quad (308)$$

где  $Q_{зан}$  - общее количество материала данного вида, необходимое для строительства объекта (потребное количество);

$T$  - период потребления материала;

$\alpha$  - коэффициент неравномерности поступления материала;

$n$  - норма запаса материала в днях, равная для местных материалов 5; для привозных 15 дн.;

$k$  - коэффициент неравномерности потребления материала.

Полезная площадь склада определяется по формуле:

$$F = \frac{Q_{зан}}{q}, \quad (309)$$

где  $q$  - количество материала на 1 м<sup>2</sup> склада.

Общая площадь склада определяется по формуле:

$$S = \frac{F}{\beta}, \quad (310)$$

Ведомость расчета площадей складов приведена в Приложении Д данного Документа.

Итого: открытые площадки  $S = 2420,2 \text{ м}^2$

навесы  $S = 46,28 \text{ м}^2$

закрытые площадки  $S = 11,06 \text{ м}^2$

### 3.5 Расчет потребности строительства в воде

Общая потребность строительства в воде составит по формуле:

$$B_{\text{общ}} = 0.5(B_{\text{пр}}^1 + B_{\text{хоз}}^2 + B_{\text{душ}}^3) + B_{\text{пож}}, \quad (311)$$

где  $B_{\text{пр}}^1$  - расход воды на производственные нужды;

$B_{\text{пр}}^2$  - расход воды на хозяйственные нужды;

$B_{\text{пр}}^3$  - расход воды на душевые установки;

$B_{\text{пож}}$  - расход воды на пожаротушение.

Период строительства с максимальным водопотреблением приходится на земляные работы. Ведомость часового расхода воды на производственные нужды приведена в Приложении Е.

Таблица 54 – Ведомость часового расхода воды на производственные нужды

Наименование работ и агрегатов	Ед. изм.	Количество единиц в смену	Ср. норма расхода воды на ед. изм., л	Расход воды в смену, л	Коэф-т часовой неравномерности	Часовой расход воды, л
Работа экскаватора	маш-ч.	8.2	10-15	100	2,0	24,4
Заправка экскаватора	1 маш.	1	80-120	100	2,0	24,4
Увлажнение грунта при уплотнении	м <sup>3</sup>	30,0	150	4500	1,5	421,88
					Итого:	470,68

Расход воды определим по следующей формуле:

$$B = \frac{\sum B_{max}^k}{t \cdot 3600}, \quad (312)$$

где  $B_{max}$  - максимальный расход воды;

$k$  - коэффициент неравномерности потребления воды;

$t$  - количество часов работы.

Определим расход воды на производственные нужды

при  $B_{max}^1 = 470,68$  л,  $k_1 = 1.5$ ;  $t_1 = 8.2$  ч.

$$B_{gh}^1 = \frac{470,68 \cdot 1.5}{8.2 \cdot 3600} = 0.034 \text{ л/с}$$

Определим расход воды на хозяйственные нужды при  $k_2 = 2$ ;  $t_2 = 8.2$  ч.

Максимальный расход воды равен:

$$B_{max}^2 = (20 + 10) \cdot 90 = 2700 \text{ л}$$

$$B_{хоз}^2 = \frac{2700 \cdot 2}{8.2 \cdot 3600} = 0.18 \text{ л/с}$$

Определим расход воды на душевые установки при  $k_3 = 1$ ;  $t_3 = 0.75$  ч

Максимальный расход воды равен:

$$B_{max}^3 = 35 \cdot 90 = 3150 \text{ л}$$

$$B_{душ}^3 = \frac{3150 \cdot 1}{0.75 \cdot 3600} = 1.17 \text{ л/с}$$

Расход воды на пожаротушение равен:

$$B_{пож} = 10 \text{ л/с}$$

Общая потребность в воде согласно формуле равна:

$$B_{общ} = (0.034 + 0.18 + 1.17) \cdot 0.5 + 10 = 10.69 \text{ л/с} \quad (313)$$

Диаметр трубопровода определяем по формуле:

$$D = 35.69 \sqrt{\frac{B_{общ}}{v}}, \quad (314)$$

где  $v = 1.5 \text{ м/с}$  - скорость движения воды по трубам:

$$D = 35.69 \sqrt{\frac{10.69}{1.5}} = 95.3 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОСТ  $D = 100 \text{ мм}$

### 3.6 Расчет электроснабжения строительной площадки

Общая мощность электропотребителей:

$$W_{общ} = W_{np} + W_{но} + W_{во}, \quad (315)$$

где  $W_{np}$  - мощность силовой установки для производственных нужд;

$W_{но}$  - мощность сети наружного освещения;

$W_{во}$  - мощность сети внутреннего освещения.

Мощность силовой установки для производственных нужд:

$$W_{np} = \frac{\sum P_{np} \cdot k_c}{\cos \varphi}, \quad (316)$$

где  $P_{np}$  - мощность на производственные нужды;

$k_c$  - коэффициент спроса, зависящий от числа потребителей;

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности, зависящий от числа потребителей силовой энергии и загрузки.

$$W_{np} = \frac{60 \cdot 0.3}{0.5} = 36 \text{ кВт} \text{ (кран ДЭК-251)}$$

Мощность сети наружного освещения:

$$W_{но} = k_c \sum P_{но}, \quad (317)$$

где  $P_{но}$  - мощность устройств наружного освещения.

Таблица 55 – Мощность устройств наружного освещения

Потребители электроэнергии	Ед. изм.	Количество	Норма освещенности, кВт	Мощность, кВт
Установка панелей наружных стен	1000м <sup>2</sup>	1,21	2,4	2,9
Открытые склады	1000м <sup>2</sup>	1,61	1,0	1,61
Внутрипостроечные дороги	км	0,5	2,2	1,1
Охранное освещение	км	0,34	1,2	0,41
Прожекторы	шт	4	0,5	2,0
			Итого:	8,02

$$W_{но} = 1 \cdot 8,02 = 8,02 \text{ кВт}$$

Мощность сети внутреннего освещения:

$$W_{во} = k_c \sum P_{во}, \quad (318)$$

где  $P_{во}$  - мощность приборов внутреннего освещения;

Таблица 56 – Мощность приборов внутреннего освещения

Потребители электроэнергии	Ед. изм	Кол-во	Норма освещенности, кВт	Мощность, кВт
Контора	100м <sup>2</sup>	0,13	1,0	0,13
Сушилка для одежды	100м <sup>2</sup>	0,1	1,0	0,1
Столовая	100м <sup>2</sup>	0,26	1,0	0,26
Душевая	100м <sup>2</sup>	0,16	1,0	0,16
Проходная	100м <sup>2</sup>	0,06	1,0	0.06
Склады	100м <sup>2</sup>	0,22	1,0	0,22
			Итого	0,93

$$W_{60} = 0.8 \cdot 0,93 = 0,744 \text{ кВт}$$

Согласно формуле получаем :

$$W_{общ} = 36 + 8.02 + 0.744 = 44.764 \text{ кВт}$$

По  $W_{общ}$  подбираем трансформатор:

$$W_{тр} = 1.1 \cdot W_{общ} = 49.24 \text{ кВт} \quad (319)$$

Принимаем силовой трансформатор ТМ-50/10 массой (с маслом) 700кг.

### 3.7 Расчет количества работающих на строительной площадке

Общая численность работающих на объекте определяется по формуле:

$$N_{общ} = (N_{раб} + N_{инп} + N_{служ} + N_{мон}) \cdot K, \quad (320)$$

где  $N_{раб}$  - максимальная численность рабочих по графику;

$N_{инп}$  - численность инженеров – технических работников;

$N_{служ}$  - число служащих;

$N_{мон}$  - численность младшего обслуживающего персонала;

$K$  - коэффициент, принимаемый 1.05.

$N_{\text{раб}} = 30 \text{ чел.}$

$$N_{\text{имп}} = \frac{30 \cdot 11\%}{83.9\%} = 4 \text{ чел.}; \quad (321)$$

$$N_{\text{служ}} = \frac{30 \cdot 3.6\%}{83.9\%} = 1 \text{ чел.}; \quad (322)$$

$$N_{\text{мон}} = \frac{30 \cdot 1.5\%}{83.9\%} = 1 \text{ чел.}; \quad (333)$$

Согласно формуле получаем:

$$N_{\text{общ}} = 1.05 \cdot (20 + 4 + 1 + 1) = 29 \text{ чел.}$$

### 3.8 Расчет временных зданий и сооружений

Расчет временных зданий приведен в таблице.

Таблица 57 – Ведомость временных зданий на строительной площадке

Временные здания	Кол-во рабочих	Кол-во пользующихся	Площадь помещений на 1 рабочего		Тип временного здания	размеры
			На 1 раб	Общ.		
<b>Служебные</b>						
Контора	5	100	4	20	Контейнерные	9.6x3x3
Диспетчерская	29	100	0,75	21	Сборно-разборные	2x3
Проходная	1	100	6	6	Сборно-разборные	2x3
<b>Санитарно-бытовые</b>						
Помещение для приема пищи и отдыха	29	50	1	27	Контейнерные	7.4x3x2.8



Раздевалка	29	70	0,5	14	Контейнерные	6x2
Сушилка для одежды	29	40	0,2	6	Контейнерные	6x2
Душевая	29	50	0,3	9	Контейнерные	6x2

## 4 Экономический раздел

### 4.1 Локальная смета на общестроительные работы

Локальный сметный расчет на общестроительные работы приведен в Приложении Е.

Структура сметной стоимости строительства

$$C=C_c+C_M+C_{об}+C_{пр} \quad (334)$$

$$C=29019,76+1115,6+4575,14+6467,61=41375,89$$

Структура сметной стоимости строительно-монтажных работ

$$C_{смп}=ПЗ+СП+НР \quad (335)$$

$$ПЗ=З_0+C_{эмм}+C_M \quad (336)$$

$$ПЗ=3140273+1228766+15495794=19864833$$

$$C_{смп}=19864833+1634258+2937607=24436699$$

## 4.2 Объектная смета

Объектная смета приведена в Приложении Ж.

## 4.3 Сводный сметный расчет стоимости строительства

Сводный сметный расчет приведен в Приложении И.

## 4.4 Определение заработной платы ресурсным методом

$$З = \frac{З_{\text{факт}}^{\text{среднемес}}}{t} * T, \quad (337)$$

где  $З_{\text{факт}}^{\text{среднемес}}$  - фактическая среднемесячная оплата труда одного рабочего в подрядной организации из журнала цены в строительстве;

t-количество часов отработанные одним рабочим в месяц;

T-затраты труда рабочих и машинистов по смете

$$З = \frac{39430}{164,5} * 14951,94 = 3583920 \text{ руб.}$$

## **5 Безопасность и экологичность**

### **5.1 Безопасность проекта**

#### **5.1.1 Анализ условий труда на объекте проектирования**

При строительстве производственного корпуса машиностроительного завода в г. Омске выполняются следующие виды работ:

- монтажные;
- сварочные;
- погрузо-разгрузочные.

При строительстве на рабочих возможно воздействие следующих опасных и вредных факторов:

- опасность движущихся элементов (башенный кран);
- опасность падающих предметов и инструментов при монтаже конструкций;
- опасность поражения электрическим током  $U=380$  В;
- появление шагового напряжения на поверхности земли;
- несогласованные действия персонала.

Опасность повышенного уровня шума до 110 дБ. Основные источники шума и вибрации на строительной площадке:

- передвижные строительные машины (погрузо-разгрузочные механизмы, транспорт);
- ручной механизированный инструмент с электро- и пневмоприводом.

Шум и вибрационные воздействия на рабочих местах, в помещениях нормируется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки»,

СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Превышение уровня звукового давления в пределах строительной площадки не наблюдается, шумовые воздействия только при работе ручного механизированного инструмента – отбойных молотков при срубке свай. Данное

шумовое воздействие непродолжительно, и не превышает нормативного уровня 111 дБ.

Опасность повышенной запыленности при выполнении строительных работ.

Производственная пыль образуется при производстве погрузочно-разгрузочных работ, при пересыпке. Концентрация пыли на строительной площадке колеблется от 1 до 10 мг/м<sup>3</sup>. Опасность получения ожогов.

Причины возникновения пожара:

- неосторожное обращение с огнём;
- неисправность технологического оборудования (сварочный аппарат, небрежное пользование горелкой (газовая и пропановая) при устройстве кровли;
- неисправность электрических установок: сетей, приборов освещения, электродвигателей;
- самовоспламенение и самовозгорание материалов: пакля, тряпки, опилки, пропитанные различными маслами; смеси, растворы (жидкие и твёрдые);
- разряды статического и атмосферного электричества.

При выполнении строительно-монтажных работ на работников воздействуют неблагоприятные производственные и метеорологические условия. Работа на открытом воздухе или в не отапливаемом помещении вызывает обмороживание в зимнее время и перегрев организма или солнечные удары при работе под прямыми солнечными лучами.

На строительной площадке возникают опасные зоны, где постоянно или потенциально действуют опасные производственные факторы.

К опасным зонам относятся участки:

- вблизи от незащищённых токоведущих частей электроустановок;
- вблизи (на расстоянии менее 2м от не огражденных перепадов по высоте на 1,3 м и более) выемок , канав, траншей и т.п.;
- в местах, где содержатся вредные вещества в концентрациях выше предельно допустимых (например, места производства антикоррозийных работ, пескоструйных работ и т.п.).

К зонам потенциально-действующих опасных производственных факторов относятся:

- участки территории вблизи строящегося здания, над которым происходит монтаж конструкции или оборудования;

- зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов;

- вблизи мест перемещения машин, монтажных механизмов, над которыми происходит перемещение грузов грузоподъемными кранами.

Зоны постоянно действующих опасных производственных факторов, во избежание доступа посторонних лиц, должны иметь защитные (предохранительные) ограждения.

Как показал анализ причин травматизма при монтаже строительных конструкций, большая часть несчастных случаев с людьми вызвана:

- низким уровнем механизации технологических процессов и преобладание вследствие этого ручного труда;

- обрушением (падением) монтируемых конструкций;

- падением рабочих с высоты;

- падение тяжестей, отлетание деталей, осколков или инструментов, попадание рукой или другими частями тела в механизмы или другое движущее оборудование, удары инструментом по руке, ноге или другим частям тела, попадание в глаза пыли, мелких осколков и т.п., отлетание горячих искр, соприкосновение с горячими поверхностями или жидкостями, проводниками, находящимися под током, едкими жидкостями и другими веществами;

- несовершенством и ошибками при выборе монтажной оснастки (такелажные работы);

- несовершенством или неисправным состоянием механизмов и машин, а также и электроустановок и другими факторами (недостаточной освещенностью, неудовлетворительной последовательностью выполнения рабочих операций и т.д.).

Обрушение (падение) монтируемых элементов чаще всего происходит по техническим (реже по организационным и психофизиологическим) причинам, зависящим в основном от следующих факторов:

- отступление от проектных решений безопасного ведения монтажных работ или отсутствие в проектной документации такого рода решений;
- отсутствие ограждений и предохранительных средств;
- неудовлетворительное проектирование такелажных работ и неправильной строповки монтируемых элементов;
- работы вне зоны видимости крановщика;
- низкое качество монтируемых изделий;
- недостаточный технический надзор за производством монтажных работ.

Травмирование рабочих при эксплуатации кранов и других строительных машин и оборудования вызвано такими факторами, как техническая неисправность машин, оборудования, приспособлений и др.; нарушение режима работы машин и механизмов и, в частности, перегрузки кранов, неучтённые в проектной документации динамические воздействия от груза на подъёмный механизм, совмещение рабочих операций без разработки дополнительных мер по технике безопасности в проектах производства работ и др.

Травмы нередко возникают вследствие отсутствия или плохого состояния оградительной техники. Это относится прежде всего ко всем вращающимся и движущимся узлам и агрегатам оборудования, а также к частям оборудования, находящегося под током (клеммам, рубильникам, мало изолированным проводам и т.п.), ёмкостям с сильнодействующими веществами, горячим поверхностям и т.д.

Особое место занимают аварии и случаи, связанные с обрушением с монтируемых частей зданий и сооружений, что может привести к групповым несчастным случаям с тяжёлыми последствиями, а также к значительным материальным убыткам.

С точки зрения безопасности ведущим рабочим процессом монтажа является установка конструкций в проектное положение. Этому процессу должны быть

подчинены все остальные процессы – подготовка к подъему, такелажные работы, наводка и установка на опоры, выверка, временное крепление, расстроповка.

При выполнении работ по транспортировке грузов на автомобильном транспорте должны соблюдаться требования правил дорожного движения, а также межотраслевых и отраслевых правил по охране труда.

Водитель перед выездом на линию информируется об условиях работы на линии и особенностях перевозимого груза. Движение транспортных средств по строительной площадке производится только по специально обозначенным маршрутам, имеющим указатели о максимально допустимой скорости движения. Погрузо-разгрузочные работы должны осуществляться на специально отведённой для этого территории.

Параметры климата рабочей зоны устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-03 «Воздух рабочей зоны».

Из анализа следует, что условия труда персонала 3 и 4 класса, опасные и вредные, поэтому проектом разработаны мероприятия по безопасности труда.

### **5.1.2 Мероприятия по безопасности труда**

Мероприятия по безопасности труда разработаны на основе требований [21].

При организации и проведении производственных (технологических) процессов предусматриваем в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (Собрание законодательства РФ, 1997\*, №30 ст.3588) проведение экспертизы безопасности проектной документации, технических устройств, зданий и сооружений, а также разработку промышленной безопасности.

Рабочие места монтажников оснащены техническими средствами безопасности:

- методы монтажа выбраны с учетом степени укрупнения монтажных единиц перед подъёмом, последовательности установки конструктивных элементов или укрупненных блоков, а также от конструктивных особенностей зданий и сооружений, включая работу самих конструкций в процессе монтажа;



- так как методы монтажа являются определяющими факторами производства монтажных работ, то в проектной документации обязательно содержатся решения безопасности, подкреплённые необходимыми инженерными расчётами. При составлении проектов производства работ (ППР) большое внимание уделено мероприятиям, направленных на предупреждение несчастных случаев, этим является обязательное проведение производственных инструктажей;

- на строительных площадках отведены специальные места для удлинительной сборки с учетом возможности доставки укрупненных конструкций к месту подъема. Укрупнительная сборка конструкций преследует прежде всего цель - максимальное количество опасных операций выполнить на земле, а не на высоте, когда верхолазам приходится работать в неудобных и вынужденно опасных условиях;

- в целях безопасности монтажа сборных железобетонных конструкций в процессе конструктивного проектирования предусматриваются специальные закладные металлические детали (куски швеллеров, двутавров, уголков), которые предназначены для подвески (кранами) люлек, с которых будут осуществляться сварка стыков на высоте и другие работы. Степень укрупнения конструкций, способы подачи их в зону монтажа определяются ППР;

- установка ограждений или улавливающих сеток, применение предохранительных поясов и страховочных устройств, использование средств подмащивания, лестниц;

- предотвращение перегрузки, проверка целостности конструкций, проверка их устойчивого положения;

- предотвращение нахождения работников вблизи перемещаемых конструкций.

В зоне падения предметов:

- ограничение зоны работы грузоподъемного крана, применение защитных козырьков и сеток, защитных настилов, проверка устойчивого положения конструкций.

Строительные машины, транспортные средства, оборудование:

- дорожные знаки, разметка, габариты проездов, ограничение скорости, тормозные и сигнальные устройства;

- оградительные устройства, сигнальные и блокирующие устройства.

Грузоподъемные краны, строительные машины:

- средства принудительного ограничения зоны работы крана, защитные экраны, сигнальное ограждение опасной зоны;

- ограничители грузоподъемности и высоты подъема груза, креномеры.

Электроустановки:

- защитные ограждения, изоляция токоведущих частей.

Строительные материалы, конструкции и оборудование:

- соблюдение правил складирования. Средства контроля и сигнализации;

- защитные ограждения, сигнальная окраска.

Для предупреждения доступа посторонних лиц в указанные в первом пункте опасные зоны использованы различные типы ограждений, устанавливаемые на определяемом расчётом расстоянии от источников опасности и отвечающие требованиям. Для этих целей установлены защитные ограждения в виде сборно-разборных деревянных щитов с унифицированными элементами, соединениями и деталями крепления, а сигнальные – в виде металлических или железобетонных стоек высотой 0.8м, по которым натянут пеньковый, стальной или капроновый канат или проволока.

На границах зон постоянно действующих опасных производственных факторов установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов - сигнальные ограждения и знаки безопасности.

В дополнение к ограждениям опасные зоны обозначены знаками безопасности соответствующими требованиям и надписями установленной формы. Эти знаки и надписи располагают непосредственно на ограждениях или на отдельно стоящих стендах.

Причём в темное время суток ограждения обозначены электрическими сигнальными лампами напряжением не выше 42 В.

Границы опасных зон в зависимости от источника опасности определены расчётом на основании требования.

Опасная зона действия монтажных кранов устанавливается расстоянием от оси вращения крана до места установки ограждений.

### **5.1.3 Мероприятия по производственной санитарии**

Вентиляция строительной площадки осуществляется естественным проветриванием.

Кабины грузоподъемных кранов обеспечены механической вентиляцией, что соответствует требованиям [22].

Освещение строительной площадки выполнено в соответствии с требованиями [23]. Для строительной площадки и участков работ предусмотрено общее равномерное освещение, применяются световые приборы: светильники и прожекторы с лампами ДКсТ-700.

Для освещения промышленного здания используются искусственное освещение без наличия фонарей. Которое удовлетворяют требованиям [23].

В комплекс санитарно-бытовых помещений входят гардеробные, умывальни, санузлы, устройств питьевого водоснабжения, помещения для обогрева, охлаждения и отдыха, хранения и выдачи спецодежды, что соответствует требованиям [23]. Санитарно-бытовые помещения расположены вблизи входов на строительную площадку.

На строительных площадках вблизи рабочих мест предусмотрены площадки для отдыха работающих, защитные укрытия от атмосферных осадков и солнечной радиации.

Для защиты работающих на открытом воздухе от неблагоприятных метеорологических условий в зимнее время и в неотапливаемых зданиях, предусмотрены помещения для обогрева рабочих и укрытия их от атмосферных осадков. Которые размещены на расстоянии не более 150 м от рабочих мест.

Помещение для отдыха оборудовано умывальниками с подводкой холодной и горячей воды, устройствам питьевого водоснабжения и электрическими кипяtilьниками.

Строительная площадка обеспечена аптечками с медикаментами с перевязочными и лечебными средствами для оказания первой помощи при ранении, порезах, ушибах и ожогах.

Для организации питьевого режима рабочих в помещениях отдыха предусмотрены кулеры с пресной питьевой водой с температурой 7- 11<sup>0</sup> (С). Расстояние от рабочих до мест питьевого водоснабжения не должно превышать 75м, что соответствует требованиям [24].

#### **5.1.4 Пожарная безопасность**

По пожарной опасности в соответствии с требованиями [25] объект относится к категории «Д» (негорючие вещества и материалы в холодном состоянии).

Пожарная опасность объекта обусловлена наличием электрооборудования: машины и приборы с электрическим приводом, центральный электрораспределительный щит.

Класс огнестойкости «III» зданий и сооружений на строительной площадке в соответствии с требованиями [25] предел огнестойкости «REI» 120. По функциональной пожарной опасности согласно [26] класс здания – Ф 5.2

Причинами пожаров является заполнение легковоспламеняющимися материалами мусорных контейнеров. Вблизи горючих или легковоспламеняющихся материалов пользование открытым огнем допускается только в радиусе более 50 м. Запрещено накапливать на площадках горючие вещества (жирные масляные тряпки, опилки или стружки и отходы пластмасс), запрещено хранить в закрытых металлических контейнерах в безопасном месте.

Пожарная безопасность на строительном-монтажной площадке может быть обеспечена совокупностью мероприятий, направленных на предупреждение

пожаров, предотвращение распространения огня в случае возникновения пожаров и создание условий, способствующих быстрой ликвидации начавшегося пожара.

Согласно [27] предусматривается комплекс мероприятий по пожарной безопасности, обеспечивающих снижение опасности возникновения пожара и создание условий быстрой ликвидации пожара.

Разработанные проектом мероприятия по пожарной безопасности на строительном-монтажной площадке, устраняющие причины возникновения пожаров, подразделяются на эксплуатационные, технические и режимные.

К эксплуатационным мероприятиям относятся: правильная эксплуатация, профилактические ремонты, осмотры и испытание сварочного оборудования и устройств и т.д.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение пожарных норм и правил при устройстве и установке сварочного оборудования, систем вентиляции, подвода электропроводки, защитного заземления, зануления и отключения.

К режимным мероприятиям относятся: проведение сварочных и других огневых работ в пожароопасных местах.

Рабочие места, опасные во взрыво- или пожарном отношении, укомплектованы первичными средствами пожаротушения и средствами контроля и оперативного оповещения об угрожающей ситуации.

Противопожарное оборудование содержать в исправном, работоспособном состоянии. Проходы к противопожарному оборудованию всегда свободны и обозначены соответствующими знаками. Кроме того, приняты меры, предотвращающие возникновение и накопление зарядов статического электричества.

К зданию по всей их длине и с торцов обеспечен подъезд пожарных автомобилей.

До начала основных строительном-монтажных работ объект обеспечивается постоянным водопроводом и устанавливается на сети пожарный гидрант. Пожарные гидранты устанавливаются на расстоянии 7м от здания.

Мероприятия по предупреждению пожаров включают:

- применение электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;

- применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок и других устройств, приводящих к появлению источников зажигания;

- применение оборудования и режимов проведения технологического процесса, исключающих образование статического электричества;

- устройство молниезащиты зданий, сооружений, строений и оборудования;

- поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой;

- применение способов и устройств ограничения энергии искрового разряда в горючей среде до безопасных значений;

- применение искробезопасного инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

- ликвидация условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов и изделий;

- исключение контакта с воздухом пирофорных веществ;

- применение устройств, исключающих возможность распространения пламени из одного объема в смежный.

Оборудования для тушения пожаров:

Предусмотрены первичные средства пожаротушения используемые на строительной площадке это - воздушно-пенные огнетушители ОВП -9, углекислотные огнетушители с диффузором ОУ-8, углекислотные огнетушители с диффузором ОУ-5, пожарный гидрант. Плакаты об устройстве и применению огнетушителей вывешены на видных местах.

Системой извещения о пожаре является автоматическая система электрической пожарной сигнализации, которая позволяет автоматически

обнаруживать возникший пожар и передавать сообщение о нем в ближайшую пожарную часть.

#### Порядок действий при пожаре

- продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану, четко назвав адрес учреждения, по возможности место возникновения пожара, что горит и чему пожар угрожает (в первую очередь, какова угроза для людей), а также сообщить свою должность и фамилию, номер телефона, дать сигнал тревоги местной добровольной пожарной дружине, сообщить дежурному по учреждению или руководителю (в рабочее время);

- организовать эвакуацию людей, начиная эвакуацию из помещения, где возник пожар, а также из помещений, которым угрожает опасность распространения огня и продуктов горения, используя для этого имеющиеся силы и средства;

- проверить включение в работу (или привести в действие) автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);

- отключить электро- и газоснабжение (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению распространения пожара и задымления помещений здания;

- прекратить все работы в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;

- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;

- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;

- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара.

## **5.2 Экологичность проекта**

Объект проектирования - производственный корпус машиностроительного корпуса в г. Омска

Расположен за пределами жилой застройки в пределах промышленной зоны, что соответствует требованию [28].

План разработан в соответствии с функциональным процессом, розой ветров, требованиями пожарной безопасности.

Рельеф площадки спокойный с абсолютными отметками 160 – 160,6м.

Основные виды воздействий, возникающих при реализации проекта на всех этапах его существования:

- инженерно - геологические изыскания для проектирования;
- проектирование и конструирование;
- строительство здания – загрязнение воздуха и почвы, разработка грунта, вырубка древесины, шум и вибрации.

Природоохранные мероприятия при проектировании базируются в соответствии с принципами Федеральной Экологической Политики и менеджмента.

Принципы системы экологического менеджмента:

- выполнение требований законов РФ, местного экологического законодательства, требований ЕС, если они не противоречат законам РФ;



- регулярная независимая внешняя оценка влияния деятельности организации на окружающую среду;

- осуществление постоянного мониторинга, проведение систематических внутренних экологических аудитов для оценки показателей окружающей среды и соответствия окружающей среды требованиям норм и законов;

- проведение экспертной оценки влияния на экологию в результате введения новых технологических процессов, в том числе территориальных подразделений;

- проведение анализа и оценки результативности выполнения программ по достижению поставленных целей;

- учет отношения поставщиков и субподрядчиков к вопросам экологии при выборе потенциальных партнеров, в том числе наличия у них соответствующих сертификатов;

- доступность и разъяснение Экологической политики и ее реализация на всех уровнях управления и во всех подразделениях – от руководителей до рабочих.

- минимизация выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов загрязняющих веществ со сточными водами, загрязнения почвы и количества отходов за счет соблюдения и совершенствования технологии и оборудования;

- проведение модернизации выпускаемой продукции и внедрение экологически безопасных технологических процессов.

Проектом строительства разработаны следующие меры по охране окружающей среды для уменьшения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:

- применяются механизмы в основном с электроприводом (монтажные краны, подъемники, эл. компрессор и др.), как наиболее экологически чистые.

Особое внимание в проекте уделено мероприятиям, направленным на предотвращение переноса загрязнения со стройплощадки на сопредельные территории. В связи с этим предусматривается:

- производство работ строго в зоне, отведенной стройгенпланом;

- установка на стройплощадке биотуалетов, обслуживаемых специализированной организацией;

- упорядоченная транспортировка и складирование сыпучих и жидких материалов.

Кроме того:

- вывоз строительный мусор;
- механизированная уборка территории стройплощадки;
- после окончания строительства все временные сооружения разбираются и **ВЫВОЗЯТСЯ.**

## **Заключение**

Машиностроение является одной из ведущих отраслей народного хозяйства и характеризуется широкой номенклатурой изделий и их значительными габаритами. Проектируемый машиностроительный завод специализируется на производстве двигателей и запасных частей к ним. В составе завода - основные производственные цеха, вспомогательные цеха, склады, энергетические установки и различные объекты общезаводского назначения.

В данной выпускной квалификационной работе были рассчитаны основные несущие конструкции производственного корпуса машиностроительного завода, а именно рассчитана крайняя колонна К-1, ферма Ф-1, подкрановая балка ПБ -1 по кран грузоподъемность 500 кН, фундамент ФМ-1 под колонну К-1, были рассчитаны локальная и объектные сметы, сделан сводный сметный расчет, составлен сетевой график, график материала и машин, разработан строй генплан. Примененные конструктивные решения позволяют сократить срок строительства и отвечают современным требованиям строительства.

## Список использованной литературы

1. СП131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменениями N 1, 2);
2. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП 2-7-81\*;
3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* (С изменениями №1,2);
4. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции». Актуализированная редакция СНиП 2.23-81\* (С изменениям №1,);
5. ГОСТ 3332-54 Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 5 до 50 т среднего и тяжелого режимов работы;
6. СНиП 2.23-81\* Стальные конструкции;
7. Шерешевский И.А. «Конструирование промышленных зданий и сооружений». – Ленинград, 1975 – 150 с.;
8. Трепененков Р.И. «Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий и сооружений». – Москва: стройиздат, 1980 – 283 с;
9. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (С изменениями №1,2);
10. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1);
11. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения;
12. ГОСТ 23119-78 Фермы стропильные стальные сварные с элементами из парных уголков для производственных зданий. Технические условия;
13. ГОСТ 23118-2012. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия;
14. ГОСТ 3332-54 Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 5 до 50 т среднего и тяжелого режимов работы;

15. Беленя Е.И. «Металлические конструкции». – Москва: стройиздат, 1986 – 560с.;
16. Васильев А.А. «Металлические конструкции». – Москва: стройиздат, 1976 – 420 с.;
17. Фундаменты мелкого заложения : методические указания / СибГИУ; сост.: Котлярова Т.В., Платонова С.В., Котова Н.В.. – Новокузнецк : издательский центр СибГИУ, 2016 – 29 с.;
18. Фундаменты мелкого заложения : методические указания / СибГИУ; сост.: Котлярова Т.В., Платонова С.В., Котова Н.В.. – Новокузнецк : издательский центр СибГИУ, 2016 – 29 с.;
19. МДС 81.-33.2004 «Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве»;
20. МДС 81-25.2001 «Методические указания по определению величины сметной прибыли в строительстве»;
21. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования»;
22. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1);
23. СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»;
24. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменениями N 1, 2);
25. НПБ 105-03\* «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
26. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1, 2);
27. ППБ-05-86 Правила пожарной безопасности при производстве строительного-монтажных работ 4

28. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов;

,

Выпускную квалификационную работу выполнил

Кислер Е.Д

## Приложение А

Таблица А.1-Внутренние усилия в сечениях рамы

№ п/п	Вид нагрузки	№ сечения	Коэффициент сочетания	Изгибающий момент М, кН*м	Продольная сила N, кН	Поперечная сила Q, кН
1	2	3	4	5	6	7
1	Постоянная	1-1	1	-69,6314	-222,95	-4,16542
		2-2	1	-47,0132	-238,95	-4,16542
		3-3	1	-18,7757	-301,95	-4,16542
		4-4	1	41,9145	-364,95	-4,16542
		5-5	1	-69,6314	-222,95	4,16542
		6-6	1	-47,0132	-238,95	4,16542
		7-7	1	-18,7757	-301,95	4,16542
		8-8	1	41,9145	-364,95	4,16542
		9-9	1	-13,8939	-4,16542	222,95
		10-10	1	-13,8939	-4,16542	-222,95
2	Снеговая	1-1	1	-93,0819	-308,7	-2,98429
		2-2	1	-76,8772	-308,7	-2,98429
		3-3	1	0,2978	-308,7	-2,98429
		4-4	1	43,7788	-308,7	-2,98429
		5-5	1	-93,0819	-308,7	2,98429
		6-6	1	-76,8772	-308,7	2,98429
		7-7	1	0,2978	-308,7	2,98429
		8-8	1	43,7788	-308,7	2,98429
		9-9	1	-15,9069	-2,98429	308,7
		10-10	1	-15,9069	-2,98429	-308,7
3	Вертикальная от кранов (Dmax на левой стойке)	1-1	1	257,248	24,4524	-5,73344
		2-2	1	288,38	24,4524	-5,73344
		3-3	1	-453,3	-1458,91	-5,73344
		4-4	1	-369,764	-1458,91	-5,73344
		5-5	1	-341,836	-24,4524	64,9467
		6-6	1	10,8245	-24,4524	64,9467
		7-7	1	-214,461	-475,022	64,9467
		8-8	1	731,812	-475,022	64,9467
		9-9	1	251,134	-35,3401	-24,4524
		10-10	1	-335,723	-35,3401	-24,4524
4	Вертикальная от кранов (Dmax на правой стойке)	1-1	1	-341,836	-24,4524	-64,9467
		2-2	1	10,8245	-24,4524	-64,9467
		3-3	1	-214,461	-475,022	-64,9467
		4-4	1	731,812	-475,022	-64,9467
		5-5	1	257,248	24,4524	5,73344
		6-6	1	288,38	24,4524	5,73344
		7-7	1	-453,3	-1458,91	5,73344
		8-8	1	-369,764	-1458,91	5,73344
		9-9	1	-335,723	-35,3401	24,4524

№ п/п	Вид нагрузки	№ сечения	Коэффициент сочетания	Изгибающий момент М, кН*м	Продольная сила N, кН	Поперечная сила Q, кН
1	2	3	4	5	6	7
		10-10	1	251,134	-35,3401	24,4524
5	Горизонтальная от кранов (Т на левой стойке)	1-1	1	-229,207	-14,992	-59,7122
		2-2	1	25,5802	-14,992	-13,4122
		3-3	1	25,5802	-14,992	-13,4122
		4-4	1	220,996	-14,992	-13,4122
		5-5	1	138,097	14,992	-20,5986
		6-6	1	26,247	14,992	-20,5986
		7-7	1	26,247	14,992	-20,5986
		8-8	1	-273,875	14,992	-20,5986
		9-9	1	-754,473	-19,5568	14,992
		10-10	1	663,364	-19,5568	14,992
6	Горизонтальная от кранов (Т на правой стойке)	1-1	1	138,097	14,992	20,5986
		2-2	1	26,247	14,992	20,5986
		3-3	1	26,247	14,992	20,5986
		4-4	1	-273,875	14,992	20,5986
		5-5	1	-229,207	-14,992	59,7122
		6-6	1	25,5802	-14,992	13,4122
		7-7	1	25,5802	-14,992	13,4122
		8-8	1	220,996	-14,992	13,4122
		9-9	1	663,364	-19,5568	-14,992
		10-10	1	-754,473	-19,5568	-14,992
7	Ветровая (ветер слева направо)	1-1	1	178,618	15,2245	9,33604
		2-2	1	83,4009	15,2245	25,7346
		3-3	1	83,4009	15,2245	25,7346
		4-4	1	-612,103	15,2245	69,736
		5-5	1	-194,383	-15,2245	16,127
		6-6	1	-73,4217	-15,2245	28,4259
		7-7	1	-73,4217	-15,2245	28,4259
		8-8	1	581,156	-15,2245	61,427
		9-9	1	174,812	-5,21696	-15,2245
		10-10	1	-190,577	-5,21696	-15,2245
8	Ветровая (ветер справа налево)	1-1	1	-194,383	-15,2245	-16,127
		2-2	1	-73,4217	-15,2245	-28,4259
		3-3	1	-73,4217	-15,2245	-28,4259
		4-4	1	581,156	-15,2245	-61,427
		5-5	1	178,618	15,2245	-9,33604
		6-6	1	83,4009	15,2245	-25,7346
		7-7	1	83,4009	15,2245	-25,7346
		8-8	1	-612,103	15,2245	-69,736
		9-9	1	-190,577	-5,21696	15,2245
		10-10	1	174,812	-5,21696	15,2245



## Приложение Б

Таблица Б.1 Расчет усилия

№ сечения	Сочетания	Экстремал-ное усилие	Экстремал-ный путь	Изгибающий момент М, кН* м	Продольная сила N, кН	Поперечная сила Q, кН
1	2	3	4	5	6	7
1-1	Основные	Mmax	1,7,3,5-	528,934	-173,748	52,8179
		Mmin	1,2,4,5,8	-842,288	-549,982	-133,559
		Nmax	1,7,3,6	446,935	-173,748	17,6157
		Nmin, M>0	1,7,3,5-	528,934	-173,748	52,8179
		Nmin, M<0	1,8,4,5	-758,515	-272,152	-130,873
		Qmax	1,7,3,5-	528,934	-173,748	52,8179
		Qmin	1,2,4,5,8	-842,288	-549,982	-133,559
2-2	Основные	Mmax	1,7,3,6	311,212	-189,748	32,3744
		Mmin	1,2,4,6-,8	-196,163	-565,982	-109,425
		Nmax	1,7,3,6	311,212	-189,748	32,3744
		Nmin, M>0	1,7,3,6	311,212	-189,748	32,3744
		Nmin, M<0	1,8,4,5-	-126,373	-261,166	-76,1298
		Qmax	1,7,3,6	311,212	-189,748	32,3744
		Qmin	1,2,4,6-,8	-196,163	-565,982	-109,425
3-3	Основные	Mmax	1,7	64,6252	-286,725	21,5692
		Mmin	1,8,3,6-	-516,447	-1642,16	-53,4476
		Nmax	1,7	64,6252	-286,725	21,5692
		Nmin, M>0	1,7	64,6252	-286,725	21,5692
		Nmin, M<0	1,8,4,5-	-300,892	-729,679	-76,1298
		Qmax	1,7,3,6	-328,062	-1587,77	32,3744
		Qmin	1,2,4,6-,8	-301,224	-1034,5	-109,425
4-4	Основные	Mmax	1,2,4,6-,8	1509,47	-1097,5	-139,126
		Mmin	1,7,3,6	-1088,25	-1650,77	71,9757
		Nmax	1,7	-570,188	-349,725	65,5706
		Nmin, M>0	1,8,4,6-	1470,07	-819,665	-136,44
		Nmin, M<0	1,7	-570,188	-349,725	65,5706
		Qmax	1,7,3,6	-1088,25	-1650,77	71,9757
		Qmin	1,2,4,6-,8	1509,47	-1097,5	-139,126
9-9	Основные	Mmax	1,7,3,5-	1048,48	-23,0656	173,748
		Mmin	1,2,4,5,8	-1180,91	-60,9537	549,982
		Nmax	1	-13,8939	-4,16542	222,95
		Nmin, M>0	1,7,3,5-	1048,48	-23,0656	173,748
		Nmin, M<0	1,2,4,5,8	-1180,91	-60,9537	549,982
		Qmax	1,2,4,5,8	-1180,91	-60,9537	549,982
		Qmin	1,7,3,6	966,485	-58,2678	173,748
10-10	Основные	Mmax	1,8,4,6-	1048,48	-23,0656	-173,748
		Mmin	1,2,3,6,7	-1180,91	-60,9537	-549,982
		Nmax	1	-13,8939	-4,16542	-222,95
		Nmin, M>0	1,8,4,6-	1048,48	-23,0656	-173,748
		Nmin, M<0	1,2,3,6,7	-1180,91	-60,9537	-549,982
		Qmax	1,8,4,5	966,485	-58,2678	-173,748

№ сечения	Сочетания	Экстремал-ное усилие	Экстремал-ный путь	Изгибающий момент $M, кН*м$	Продольная сила $N, кН$	Поперечная сила $Q, кН$
1	2	3	4	5	6	7
		$Q_{min}$	1,2,3,6,7	-1180,91	-60,9537	-549,982

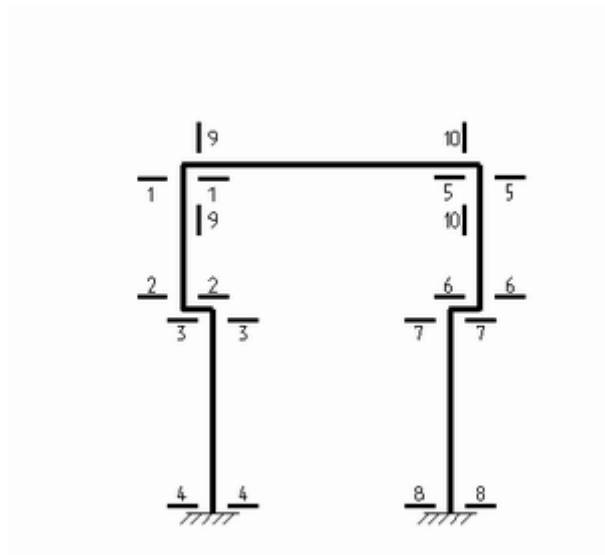


рисунок Б.1-Схема сечений рамы

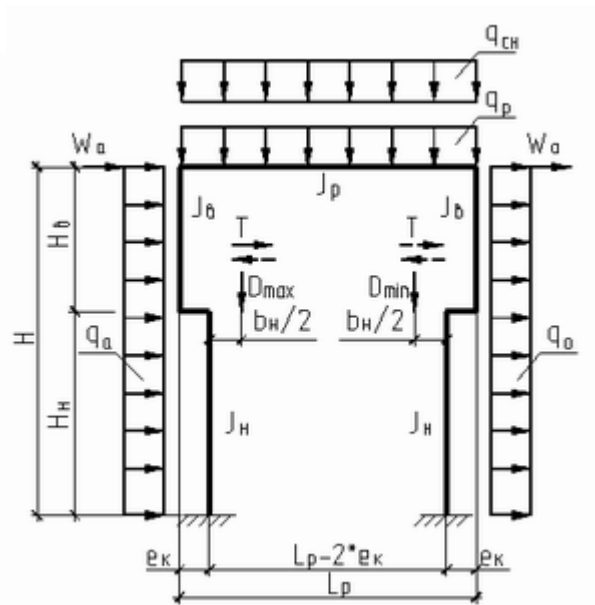


рисунок Б.2 Расчетная схема рамы

## Приложение В

Таблица В.1- Ведомость трудоемкости

Наименование работ	Ед. изм	Количество	Трудоемкость		Машина смены		Основные материалы, детали, конструкции				Обоснование по ГЭСН-2001
			На ед. Чел*ч	Всего Чел*дни	На ед. Маш*ч	Всего Маш*смены	Наименование	Ед.изм	На ед.	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Внутриплощадочные работы</b>		2249,414		134							
<b>Земляные работы</b>											
Планировка площадей	1000м <sup>3</sup>	3.888	—	—	0,67	0,3	—	—	—	—	01-02-027-02
Срезка растительного слоя	1000м <sup>3</sup>	0,7776	—	—	7,49	0,7	—	—	—	—	01-01-030-06
Разработка траншеи и котлована экскаваторами	1000м <sup>3</sup>	5,5426	—	—	24,19	11,54	—	—	—	—	01-01-008-02
Разработка грунта вручную (подчистка)	100м <sup>3</sup>	3,8799	189	6,3	—	—	—	—	—	—	01-02-055-02
Уплотнение грунта	100м <sup>2</sup>	29,1456	—	—	0,71	1,6	—	—	—	—	01-02-007-01
Устройство бетонной подготовки	100м <sup>3</sup>	6,359	180	61,2	18	6,12	Рогожа Бетон Вода	м <sup>2</sup> м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	250 102 0,2	697 284,3 8 0,56	06-01-001-01
Обратная засыпка	1000м <sup>3</sup>	5,9306	—	—	6,71	2,96	—	—	—	—	01-01-034-02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Фундаменты</b>											
Устройство железобетонных монолитных фундаментов	100м <sup>3</sup>	0,66	278,88	22,4	17,83	1,45	Проволока горячепрокатная в мотках, диаметром 6,3-6,5мм Электроды диаметром 6мм Э42 Щиты из досок толщиной 40мм Арматура Бетон Вода	Т т м <sup>2</sup> т м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	0,015 0,106 20,7 3,2 101,5 7,488	0,01 0,07 13,67 2,112 66,99 4,95	06-01-005-06
Устройство фундаментных балок	100 м <sup>3</sup>	0,48	1309	17,25	59,63	0,78	Проволока горячепрокатная в мотках, 6,3-6,5мм Электроды диаметром 4мм Э42 Щиты из досок толщиной 25мм	Т Т м <sup>2</sup>	0,042 0,17 114,3	0,005 0,019 12,35	06-01-034-01
<b>Каркас здания</b>											
Монтаж колонн каркаса и стропильных ферм	Т	35	21,2	90,5	2,81	12	Кислород технический газообразный Пропан-бутан, смесь техническая Конструкции стальные	м <sup>3</sup> кг т	2,5 0,8 1	5 28 35	09-01-001-02

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Установка стоек фахверков	Т	2,4	18,25	5,35	2,11	0,62	Кислород технический газообразный Пропан-бутан, смесь техническая Конструкции стальные	м <sup>3</sup> кг т	1,95 0,59 1	4,68 1,42 2,4	09-03-002-12
Устройство подкрановых балок	Т	11	12,1	16,24	2,46	3,3	Кислород технический газообразный Электроды диаметром 4мм э42 Пропан-бутан, смесь техническая Конструкции стальные	м <sup>3</sup> т кг т	2,3 0,00 34 0,33 1	25,3 0,038 3,63 11	09-03-03-02
Устройство тормозных конструкций	Т	2,4	307,38	89,97	42,46	12,43	Кислород технический газообразный Пропан-бутан, смесь техническая Детали крепления рельсов Конструкции стальные	м <sup>3</sup> кг т т	9,36 2,8 1,2 1	22,47 6,72 2,88 2,4	09-03-005-01
Установка подкрановых путей	Т	6,6	307,38	247,4	42,46	34,18	Кислород технический газообразный Пропан-бутан, смесь техническая Детали крепления рельсов Конструкции стальные	м <sup>3</sup> кг т т	9,36 2,8 1,2 1	61,8 18,5 7,92 6,6	09-03-005-01

Продолжение Таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Установка связей	Т	11,44	63,28	88,3	4,13	5,8	Кислород технический	м <sup>3</sup>	1,2	13,73	09-03-

							газообразный Болты с гайками и шайбами строительные	т	0,02 1	0,24	014-01
							Пропан-бутан, смесь техническая	кг т	0,36 1	4,12 11,44	
							Конструкции стальные				
Укладка прогонов	Т	11,44	15,79	22	1,56	2,18	Кислород технический газообразный	м <sup>3</sup>	0,5	5,72	09-03- 015-01
							Пропан-бутан, смесь техническая	кг	0,15	1,716	
							Конструкции стальные	т	1	11,44	

**Стены**

Установка панелей стен из сэндвич панелей	100 м <sup>2</sup>	13,43	170,2 4	278,82	34,58	56,64	Кислород технический газообразный Электроды диаметром 4мм Э46 Прпан-бутан, смесь техническая Конструкции стальные нащельников и деталей обрамления Панели многослойные стеновые с обшивкой из профилированного листа	м <sup>3</sup>  т кг т т	2,98  0,00 31 3,16 1 0,27 3	40,02  0,042 42,44 13,43 3,67	09-04- 006-04
---	--------------------	-------	------------	--------	-------	-------	---	---	--	--	------------------

*Продолжение Таблицы В.1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Устройство кровли</b>											

Профилированный настил	100 м <sup>2</sup>	38,88	90,85	175,5	0,5	0,97	Поковки из квадратных заготовок, масса 1,8кг Сталь листовая оцинкованная толщиной листа 0,7мм Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5м	Т Т м <sup>3</sup>	0,05 2 0,87 1,8	0,83 13,78 28,52	12-01-007-08
Устройство пароизоляции один слой	100 м <sup>2</sup>	38,88	17,51	33,83	0,18	0,35	Битумы нефтяные строительные кровельные Керосин для технических целей марок КТ-1, КТ-2 Мастика кровельная горячая Рубероид кровельный с пылевидной посыпкой марки РКП-350Б	Т Т Т м <sup>2</sup>	0,02 5 0,06 0,19 6 110	0,396 0,95 3,1 1742, 4	12-01-015-01
Устройство минераловатной плиты	100 м <sup>2</sup>	38,88	45,54	87,97	0,55	1,07	Битумы нефтяные строительные кровельные Керосин для технических целей марок КТ-1, КТ-2 Мастика битумная кровельная горячая Плиты теплоизоляционные	Т Т Т м <sup>2</sup>	0,02 5 0,05 8 0,20 1 103	0,396 0,92 3,19 1631, 52	12-01-013-03

Продолжение Таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Устройство 4-х слойной кровли	100 м <sup>2</sup>	155,52	29,72	229,72	0,73	5,65	Мастика битумная кровельная горячая	Т	1,26	79,86	12-01- 002-02
							Материалы рулонные кровельные	м <sup>2</sup>	460	29154 ,8	
							Гравий для строительных работ, фракция 5-10мм	м <sup>3</sup>	1,05	66,55	
<i>Заполнение проемов</i>											
Учтановка окон ПВХ	100м <sup>2</sup>	1,44	137,4 3	24,14	0,66	0,12	Лента бутиловая	м	230	331,2	10-01- 034-02
							Лента бутиловая диффузионная	м	50	72	
							Герметик пенополиуретановый в баллонах 750 мл	шт	66	95,04	
							Лента ПСУЛ	м	150	216	
							Дюбели монтажные 10*130мм	10	30	43,2	
							Клинья прастиковыемонтажные	„Шт	800	1152	
							Блоки оконные пластиковые	м <sup>2</sup>	100	144	
Установка ворот	100м <sup>2</sup>	0,43	228,6 6	12	9,13	0,48	Краски масляные марки МА-0115 мумия, сурик железный	Т	0,02 4	0,009 7	10-01- 046-01
							Прокат тонколистовой горячепрокатный в листах с обрезными кромками шириной от 1200 до 1300 мм	Т	0,16	0,072	
							Сталь полосовая, марки стали Ст3сп шириной 50- 200мм	м <sup>2</sup>	3,4	1,67	
							Олифа натуральная	Т	0,24	0,1	
							Ворота распашные	кг	11	4,73	
							Каркасы ворот раздвижных, распашных подъемных, подъемно-	м <sup>2</sup>	100	43	
								Т	3,91	1,68	



							поворотных				
Заполнение дверных проемов	100 м <sup>2</sup>	0,1	92,92	1,14	8,45	0,1	Толь с крупнозернистой засыпкой гидроизоляционной марки ТГ-35	м <sup>2</sup>	65	6,5	10-01- 039-09
							Пена монтажная	л	22,2	2,22	
							Ерши металлические	кг	22,4	2,25	
							Блоки дверные	м <sup>2</sup>	1	10	
<b>Полы</b>											
Уплотнение грунта	100 м <sup>2</sup>	38,88	7,7	14,85	0,88	1,7	Гравий для строительных работ, фракция 40-70мм	м <sup>3</sup>	5,1	80,8	11-01- 001-01
							Вода	м <sup>3</sup>	0,22	3,49	
Устройство бетонного подстилающего слоя	м <sup>2</sup>	388,8	3,66	70,7	---		Мастика битумно- латексная	т	0,00	0,32	11-01- 002-09
							Бетон тяжелый	м <sup>3</sup>	2	161,5	
							Вода	м <sup>3</sup>	1,02	7	
								м <sup>3</sup>	0,35	55,44	
Бетонное покрытие пола	100 м <sup>2</sup>	38,88	40,43	78,1	2,84	5,5	Бетон тяжёлый	м <sup>3</sup>	3,06	48	11-01- 015-01
							Вода	м <sup>3</sup>	3,5	55,44	
Устройство оснований под отмостку	м <sup>3</sup>	12,88	3,73	5,86	0,55	0,87	Щебень из природного камня для строительных работ фракции 10-20мм	м <sup>3</sup>	0,09	1,16	11-01- 002-04
							Вода	м <sup>3</sup>	0,15	1,94	
							Каменная мелочь марки 300	м <sup>3</sup>	0,11	1,42	
Покрытие основ отмостки асфальтовой смесью	100м <sup>2</sup>	1,84	26,24	5,89	---	---	Грунтовка битумная	т	0,06	0,13	11-01- 019-01
							Брусочки обрезные хвойных пород длиной 2-3,75 м	м <sup>3</sup>	9	0,02	
							Асфальт литой для покрытий тротуаров	м <sup>3</sup>	0,01	4,7	
								м <sup>3</sup>	2,55		

Продолжение Таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Монтаж металлических пожарных лестниц	т	0,26	32,37	1,03	5,64	0,04	Кислород технический газообразный Пропан-бутан, смесь техническая Конструкции стальные	м <sup>3</sup>  кг т	1,37 0,41 1	0,36 0,1 0,26	09-03- 029-01
<b>Санитарно-технические работы</b>											
Отопление	Тыс.р уб	1111,72		70							
Вентиляция	Тыс.р уб	1085,8		65							
Водоснабжение и водоотведение	Тыс.р уб	1423,17		85							
Горячее водоснабжение	Тыс.р уб	816,3		48							
<b>Электромонтаж ные работы</b>	Тыс.р уб	883,67		53							
<b>Техническое обслуживание</b>											
Монтаж мостовых кранов	Тыс.р уб	24494,13 8		563							
Благоустройство	Тыс.р уб	2443,67		190							

## Приложение Г

Таблица Г.1- Карточка определитель

Код работы	Наименование работ	Трудоемкость, Чел-дни	Маш-смены	Основные строительные машины и механизмы		Сменность	Количество рабочих в смену	Продолжительность, дни
				Наименование, марка	Количество			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Внутриплощадочные работы		134	ДЗ-53	8	2	8	7
2	Земляные работы	67,5	18,66	ДЗ-53 ЭО-4112 КАМАЗ-4308	1 1 1	1	7	10
3	Уплотнение грунта и обратная засыпка	—	4,56	Катки дорожные самоходные гладкоковальцевые типа «НАММ» ДЗ-53	1 1	1	8	2
4	Фундаменты	39,65	2,23	МКГ-16 Автопогрузчик 5т Установка для сварки ручной дуговой Вибратор глубинный КАМАЗ-4308	1 1 1 1 1	1	8	5
5	Каркас здания	359,72	70,51	МКГ-16 Лига-02 ВДМ-2х315 Машины шлифовальные электрические КАМАЗ-4308 ПСГ-500	1 1 1 1 1	1	20	14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Стены</b>								
6	Установка панелей стен из сэндвич панелей	178,82	56,64	МКГ-16 Лига-02 ВДМ-2х315 Машины шлифовальные электрические КАМАЗ-4308 ПСГ-500	1 1 1 1 1 1	1	20	7
7	Кстройство кровли	327	8	КС-3577 БК-1 КАМАЗ-4308	1 1 1	1	20	14
8	Заполнение проемов	37,28	0,7	КС-3577 БК-1 КАМАЗ-4308	1 1 1	1	10	2
9	Устройство полов	163,65	7,2	Компрессоры передвижные с двигателем внутреннего сгорания Катки дорожные самоходные гладкие Трамбовки пневматические при работе от подвижных компрессорных станций	1  1 1	1	10	9
10	Устройство оснований по отмостку	5,86	0,87	КАМАЗ-4308	1	1	3	2
11	Покрытие основ отмостки асфальтовой смесью	5,89	— —	КАМАЗ-4308	1	1	3	2

Продолжение Таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Монтаж металлических пожарных лестниц	1,03	0,04		1	1	1	1
13	<i>Санитарно-технические работы</i>	321			1	1	10	16
14	<i>Электромонтажные работы</i>	53			1	1	10	3
15	<i>Техническое обслуживание</i>							
16	Монтаж мостовых кранов	563			1	1	20	14
17	Благоустройство	190			1	1	15	6

## Приложение Д

Таблица Д.1- Расчет площади строительных складов

Конструкции, Изделия, Материалы	Ед. из м	Qобщ	T, дн	Qобщ T	n	$\alpha$	k	Qзап	q	F	$\beta$	S	Тип склада
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Металлоконструк ции	т	123,24	14	8,8	5	1,1	1,3	62,92	0,7	89,9	0,6	149,9	Открытый
Гравий	м <sup>3</sup>	360,6	24	15,1	5	1,1	1,3	107,97	1,5	71,98	0,6	119,9	Открытый
Доски обрешные	м <sup>3</sup>	0,66	14	0,05	5	1,1	1,3	0,36	1,7	0,22	0,6	0,4	Открытый
Блоки оконные	м <sup>2</sup>	144	2	72	15	1,1	1,3	514,8	45	11,44	0,55	20,8	Под навесом
Блоки дверные	м <sup>2</sup>	10	2	5	15	1,1	1,3	107,25	44	2,44	0,55	4,44	Под навесом
Ворота	м <sup>2</sup>	43	2	22,5	15	1,1	1,3	482,63	44	10,97	0,55	19,95	Под навесом
Болты	кг	41,64	14	2,98	5	1,1	1,3	21,3	3,2	6,6	0,65	10,16	Закрытый
Олифа	кг	126,9	2	63,45	5	1,1	1,3	453,67	800	0,57	0,65	0,9	Закрытый
Сендвич панели	м <sup>2</sup>	1343	7	191,9	15	1,1	1,3	1372	0,8	1715	0,6	2150	Открытый
Реберойд кровельный	м <sup>2</sup>	192	23	8,35	15	1,1	1,3	179,1	300	0,6	0,55	1,09	Под навесом

## Приложение Е

Производственный корпус машиностроительного завода в г. Омске

Составлена СНБ-2001.(2010)

Сметная стоимость 24436,7 тыс.руб

Переведена в цены по состоянию на 01.05.2020

Сметна з/пл 3645,565 тыс.руб

Нормативная трудоемкость 14951,94 тыс.чел\*ч

Таблица Е.1- Локальная смета на общестроительные работы

№ п/п	Шифр и № позиции нормат.	Наименование работ, ед.изм	Кол ичес тво	Стоитмость ед., руб		Общая стоимость, руб			Затраты тр. на раб. строит	
				Прямые затраты з/пл раб строит	Эксплуатация машин з/пл машинистов	Прямые затраты	з/пл рабочих строител ей	Эксплуат машин З/пл машинист ов	на ед	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Земляные работы</b>										
1	01-02-027-02	Планировка площадки, 1000 м <sup>3</sup>	3,88 8	<u>166,86</u> 0	<u>166,86</u> 17,07	630,2	0	<u>630,2</u> 64,6	<u>0</u> 1,1	<u>0</u> 4,17
2	01-01-030-06	Срезка растительного слоя, 1000м <sup>3</sup>	0,77 76	<u>949,58</u> 0	<u>949,58</u> 116,24	718,65	0	<u>718,65</u> 87,97	<u>0</u> 7,49	<u>0</u> 5,67
3	01-01-008-02	Разработка траншеи и котлована экскаваторами; 1000м <sup>3</sup>	5,54 26	<u>3897,25</u> 0	<u>3897,25</u> 375,43	15236. 3	0	<u>15236.3</u> 1467.8	<u>0</u> 24,19	<u>0</u> 94,57
4	01-02-055-02	Разработка грунта вручную (подчистка), 100м <sup>3</sup>	3,87 99	<u>1903,23</u> 1903,23	—	520,92	520,92	—	<u>189</u> 0	<u>51,73</u> 0
5	01-02-007-01	Уплотнение грунта, 100м <sup>2</sup>	29,1 456	<u>70,95</u> 0	<u>70,95</u> 10,77	1317,4	0	<u>1317,4</u> 199,98	<u>0</u> 0,81	<u>0</u> 13,19

6	06-01-001-01	Устройство бетонной подготовки, 100м <sup>3</sup>	6,35 9	<u>50360,18</u> 1686,60	<u>2686,6</u> 239,40	140404 ,2	4702,241	<u>7489,4</u> 667,45	<u>180</u> 28,49	<u>510,84</u> 79,43
---	--------------	---	-----------	----------------------------	-------------------------	--------------	----------	-------------------------	---------------------	------------------------

*Продолжение Таблицы Е.1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	01-01-034-02	Обратная засыпка, 1000м <sup>3</sup>	5,93 06	<u>1315,9</u> 0	<u>1315,9</u> 104,14	4751,8 5	0	<u>4751,85</u> 376,6	<u>0</u> 6,71	<u>0</u> 24,23
	<b>Итого по разделу 1</b>					163579 ,6	5223,161	<u>30143,8</u> 2864,4		<u>562,57</u> 221,26
		<b>ФОТ</b>								
		5223,161+2864,4			20,966	169563 ,8				
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,78=94								
		0,94*169563,8				159390				
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								
		77%*0,5=38,5								
		0,385*193302,7				65282				
		<b>Эксплуатация машин</b>								
		(30143,8-2864,4)*6,125				167086 ,3				
		<b>Материалы</b>								
		(163579,6-5223,161-30143,8)*5,840				748761 ,6				
	<b>Всего по разделу 1</b>					131006 6				
<b>2.Фундаменты</b>										
8	06-01-005-06	Устройство железобетонных монолитных	0,66	<u>82896,29</u> 2808,32	<u>3108,58</u> 276,19	54711, 55	1853,5	<u>2051,67</u> 182,3	<u>278,88</u> 2,8	<u>184,06</u> 1,848



		фундаментов, 100м <sup>3</sup>								
--	--	--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	06-01-034-01	Устройство фундаментных балок, 100м <sup>3</sup>	0,48	$\frac{139255,3}{3}$ 13587,42	$\frac{9965,48}{794,87}$	15039,58	1467,45	$\frac{1076,3}{85,85}$	$\frac{1309}{59,63}$	$\frac{141,05}{6,45}$
	<b>Итого по разделу 2</b>					69751,13	3320,95	$\frac{3127,97}{268,15}$		$\frac{325,11}{8,298}$
		<b>ФОТ</b>								
		3320,95+268,15			20,966	75249,1				
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,93=112								
		1,12*75249,1				84279				
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								
		77%*0,65=51								
		0,51*75249,1				38377				
		<b>Эксплуатация машин</b>								
		(3127,97-268,15)*6,125				17516,4				
		<b>Материалы</b>								
		(69751,13-3320,95-3127,97)*5,840				369684,9				
	<b>Всего по разделу 2</b>					585106,4				
<b>3. Каркас здания</b>										

10	09-01-001-02	Монтаж каркаса, 1т	35	<u>1108,13</u> 245,07	<u>625,36</u> 43,23	38784, 55	8577,45	<u>21887,6</u> 1513,1	<u>21,2</u> 2,99	<u>742</u> 104,65
----	--------------	--------------------	----	--------------------------	------------------------	--------------	---------	--------------------------	---------------------	----------------------

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	(201-9002)	Конструкции стальные, т, 35*1	35	12309,59		430835,6				
12	09-03-002-12	Установка консольных колонн и стоек фахверков, 1т	2,4	<u>571,05</u> 115,48	<u>403,64</u> 29,76	1370,5	277,16	<u>968,74</u> 71,43	<u>10,47</u> 2,22	<u>25,13</u> 5,33
13	(201-9002)	Конструкции стальные, т, 2,4*1	2,4	9136,01		219264,2				
14	09-03-003-02	Установка подкрановых балок, 1т	11	<u>787,76</u> 133,46	<u>508,52</u> 38,2				<u>12,1</u> 2,69	
15	(201-9002)	Конструкции стальные, т, 11*1	11	9136,01		100496,1				
16	09-03-005-01	Установка тормозных конструкций, 1т	2,4	<u>10420,32</u> 3310,48	<u>6730,98</u> 658,98	25008,77	7945,16	<u>16154,35</u> 1521,56	<u>307,38</u> 45,49	<u>737,72</u> 109,176
17	(201-0631)	Детали крепления рельсов, т	0,2	9408,88		1881,78				
18	(201-9002)	Конструкции стальные, т	2,4	9136,01		21926,42				
19	09-03-005-01	Установка подкрановых путей, 1т	6,6	<u>10420,32</u> 3310,48	<u>6730,98</u> 658,98	68774,11	21849,17	<u>44424,47</u> 4349,3	<u>307,38</u> 45,49	<u>2028,7</u> 300,3
20	(201-0631)	Детали крепления рельсов, т	1,2	9408,88		11290,66				
21	(201-9002)	Конструкции	6,6	9136,01		60297,				

		<i>стальные, т</i>				7				
22	09-03-014-01	Установка связей, 1т	11,4 4	<u>1728,01</u> 665,07	<u>740,26</u> 59,4	19768, 43	7608,4	<u>8468,57</u> 679,54	<u>63,28</u> 4,01	<u>723,93</u> 45,87

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23	(201-9002)	<i>Конструкции стальные, т</i>	11,4 4	9136,01		104516				
24	09-03-015-01	Укладка прогонов, 1т	11,4 4	<u>639,44</u> 165,95	<u>365,88</u> 24,32	7315,2	1898,5	<u>4185,67</u> 278,23	<u>15,79</u> 1,75	<u>180,64</u> 20,02
25	(201-9002)	<i>Конструкции стальные, т, 11,44*1</i>	11,4 4	9136,01		104516				
	<b>Итого по разделу 3</b>					122471 1	49623,84	<u>101682,8</u> 8833,4		<u>4571,22</u> 609,606
		<b>ФОТ</b>								
		49623,84+8833,4			20,966	122561 4				
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,68=82								
		0,82*1225614				100500 3				
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								
		77%*0,85=66								
		0,66*1225614				808905 ,2				
		<b>Эксплуатация машин</b>								
		(101682,8- 8833,4)*6,125				568702 ,6				
		<b>Материалы</b>								
		(1224711-49623,84-				626867				

		-101682,8)*5,840				9				
		<b>Всего по разделу 3</b>				987690 4				

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>4.Стены</b>										
26	09-004-006-04	Установка панелей стен из сэндвич панелей, 100 м <sup>2</sup>	6,36	$\frac{8726,44}{1923,71}$	$\frac{6257,91}{570,92}$	117196,1	25835,43	$\frac{84003,44}{7667,46}$	$\frac{170,24}{36,14}$	$\frac{2286,323}{485,36}$
27	(201-9360)	Конструкции стальные, т; 0,273	3,67	272,09		998,6				
28	(201-9400)	Панели многослойные стальные с прошивкой из профилированного листа, м <sup>2</sup>	6,36	645,11		866382,7				
<b>Итого по разделу 4</b>						984577,4	25835,43	$\frac{84003,44}{7667,46}$		$\frac{2286,323}{485,36}$
		<b>ФОТ</b>								
		25835,43+7667,46			20,966	702421,6				
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,86=103								
		1,03*702421,6				723494,2				
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								
		77%*0,7=54								
		0,54*702421,6				379307,7				

		<b>Эксплуатация машин</b>								
		(84003,44-7667,46)*6,125				467557,9				

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		<b>Материалы</b>								
		(984577,4-25835,43-84003,44)*5,840				510847,3				
		<b>Всего по разделу 4</b>				738225,4				
<b>5.Заполнение проемов</b>										
29	10-01-034-02	Установка окон ПВХ, 100м <sup>2</sup>	1,44	<u>165294</u> 1444,39	<u>547,93</u> 8,78	238023,4	2079,93	<u>789,02</u> 12,65	<u>137,43</u> 0,66	<u>197,9</u> 0,95
30	10-01-046-01	Установка ворот, 100м <sup>2</sup>	0,43	<u>92273,02</u> 2551,85	<u>1950,49</u> 141,7	39677,4	1097,3	<u>838,71</u> 60,931	<u>228,66</u> 9,13	<u>98,33</u> 3,93
31	10-01-039-09	Заполнение дверных проемов, 100м <sup>2</sup>	0,1	<u>37296,62</u> 1050	<u>1496,99</u> 115,43	3729,7	105	<u>149,7</u> 11,6	<u>93,92</u> 8,45	<u>9,392</u> 0,845
<b>Итого по разделу 5</b>						281430,5	3282,23	<u>1777,43</u> 85,081		<u>305,63</u> 5,725
		<b>ФОТ</b>								
		3282,23+85,081			20,966	70599				
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,82=99								
		0,99*70599				69893				
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								

		77%*0,55=43								
		0,43*70599				30357, 57				
		<b>Эксплуатация машин</b>								

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		(1777,43-85,081)*6,125				10365, 64				
		<b>Материалы</b>								
		(281430,5-3282,23-1777,43)*5,840				134807				
		<b>Всего по разделу 5</b>				316022 ,2				
<b>6. Устройство кровли</b>										
32	12-01-007-08	Профилированный настил, 100м <sup>2</sup>	38,8 8	<u>12214,64</u> 990,27	<u>87,38</u> 6,83	193479 ,9	15685,88	<u>1384,1</u> 108,19	<u>90,85</u> 0,5	<u>1439,06</u> 7,92
33	12-01-015-01	Устройство пароизоляции в один слой, 100м <sup>2</sup>	38,8 8	<u>2426,21</u> 197,86	<u>87,61</u> 2,55	38431, 17	3134,1	<u>1387,75</u> 40,4	<u>17,51</u> 0,18	<u>277,36</u> 2,86
34	12-01-013-03	Устройство минераловатной плиты, 100м <sup>3</sup>	38,8 8	<u>7343,9</u> 520,52	<u>163,66</u> 7,76	116327 ,4	8245	<u>2592,4</u> 122,9	<u>45,54</u> 0,55	<u>721,35</u> 8,72
35	12,01-002-02	Устройство 4-х слойной кровли, 100м <sup>2</sup>	155, 52	<u>12185,13</u> 331,54	<u>418,94</u> 10,2	139012 ,5	5254,6	<u>6636</u> 161,568	<u>29,34</u> 0,73	<u>464,75</u> 11,57
		<b>Итого по разделу 6</b>				487251	32319,58	<u>12000,35</u> 433,058		<u>2902,52</u> 54,22
		<b>ФОТ</b>								
		32319,58+433,058			20,966	686691				

						,9				
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,83=100								
		1*686691,4				686691,4				

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								
		77%*0,65=51								
		0,51*686691,4				350212,9				
		<b>Эксплуатация машин</b>								
		(12000,35-433,058)*6,125				70849,65				
		<b>Материалы</b>								
		(487251-32319,58-12000,35)*5,840				2586718				
		<b>Всего по разделу 6</b>				3694472				
<b>7.Полы</b>										
36	11-01-001-01	Уплотнение грунта, 100м <sup>2</sup>	38,88	<u>676,95</u> 54	<u>75,62</u> 10,9	10722,9	855,36	<u>1197,83</u> 172,66	<u>7,7</u> 0,88	<u>121,97</u> 13,9
37	11-01-002-09	Устройство бетонного подстилающего слоя, 1м <sup>3</sup>	388,8	<u>603,55</u> 36,86	<u>0,35</u> 0	95602,32	5838,6	<u>50,7</u> 0	<u>3,66</u> 0	<u>579,75</u> 0
38	11-01-015-01	Бетонное покрытие пола, 100м <sup>2</sup>	38,88	<u>2299,81</u> 386,11	<u>195,12</u> 36,35	3642,9	6116	<u>3090,7</u> 575,8	<u>40,43</u> 2,84	<u>640,42</u> 45
<b>Итого по разделу 7</b>						109968,1	12809,96	<u>4339,23</u> 748,46		<u>1342,14</u> 58,9

		<b>ФОТ</b>								
		12809,6+748,46			20,966	284265,8				
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,8=96								

Продолжение Таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		0,96*284265,8				272894,8				
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								
		77%*0,68=53								
		0,53*284265,8				150660,9				
		<b>Эксплуатация машин</b>								
		(4339,23-748,46)*6,125				21993,47				
		<b>Материалы</b>								
		(109968,1-12809,96-4339,23)*5,840				542062,4				
		<b>Всего по разделу 7</b>				1271796				
<b>8.Разные работы</b>										
39	11-01-002-04	Устройство оснований под отмотску, 1м <sup>3</sup>	12,88	<u>317,97</u> 39,69	<u>47,63</u> 6,51	4095,454	511,2	<u>613,58</u> 83,85	<u>3,73</u> 0,55	<u>48,05</u> 7,084
40	11-01-019-01	Покрытие основ отмотски асфальтовой смесью, 100м <sup>2</sup>	1,84	<u>2086,29</u> 286,02	<u>22,5</u> 0	3838,78	526,78	<u>41,4</u> 0	<u>26,24</u> 0	<u>48,28</u> 0
41	09-03-029-01	Монтаж металлических	0,26	<u>1308,91</u> 365,78	<u>838,57</u> 87,59	340,32	95,1	<u>218,02</u> 22,78	<u>32,37</u> 5,64	<u>8,42</u> 1,47



		пожарных лестниц, т								
<b>Итого по разделу 8</b>						8274,5 6	1133,08	<u>873</u> 106,63		<u>104,75</u> 8,56
		<b>ФОТ</b>								
		1133,08+106,63			20,966	25991, 76				

*Продолжение Таблицы Е.1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	МДС 81-33.2004	<b>Накладные расходы</b>								
		120%*0,83=100								
		1*25991,76				25991, 76				
	МДС 81-25.2001	<b>Сметная прибыль</b>								
		77%*0,85=66								
		0,66*25991,76				11154, 56				
		<b>Эксплуатация машин</b>								
		(873-106,63)*6,125				4694,0 2				
		<b>Материалы</b>								
		(8274,56-1133,08-873)*5,840				36607, 92				
		<b>Всего по разделу 8</b>				78448, 28				
		<b>Специальные виды работ</b>								
		Отопление				1111,72				
		Вентиляция				1085,8				
		Водоснабжение и водоотведение				1423,1 7				

		Горячее содоснабжение				816,3				
		Электромонтажные работы				204,8				
		Монтаж мостовых кранов				297662 ,14				

## Приложение Ж

Производственный корпус машиностроительного завода в г. Омске

Составлена в ценах на 1.05.2020

$V_{стр}=89229 \text{ м}^3$

Сметная стоимость 37490,23 т.руб

Сметная з/пл 4721,47 т.руб

Измеритель ед.стоимости 3029,1  $\text{м}^3$

Таблица Ж.1- Объектная смета

№ п/п	Номера смет и расчетов	Наименование работ и затрат	Сметная стоимость, тыс.руб					Сметная з/пл, тыс.руб	Показатель единичной стоимости, руб/м <sup>3</sup>
			Строительных работ	Монтажных работ	Оборудования, мебели, инвентаря	Прочих работ и затрат	Всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Л.С №1	Общестроительные работы	24236,699				24236,699	3645,565	1870
2	Расчет	Отопление	111,18	222,35	778,2		1111,72	111,18	85,8
3	Расчет	Вентиляция	108,58	217,16	760,08		1085,8	108,58	83,8
4	Расчет	Водоснабжение и водоотведение	142,17	284,64	996,2		1423,17	142,92	110,3
5	Расчет	Горячее водоснабжение	81,63	163,26	571,41		816,3	81,63	63
6	Расчет	Электромонтажные работы		88,37	795,31		883,67	88,37	86,2
7	Расчет	Внутр. слаботочные сети		20,48	184,32		204,8	20,48	15,8
		<b>Итого</b>	24680,26	996,26	4085,52		29762,14	4198,73	230
8	ГСН 81-05-01-2001	Временные здания и сооружения, 2,8	691,05	27,9	114,4		718,95	136,6	
		<b>Итого</b>	25371,31	1024,16	4199,92		30481,09	4335,33	235,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	ГСН 81-05-02-2007	Зимнее удорожание, 1,8*3,2	1461,39	59	241,92		1762,3	248,62	
		<b>Итого</b>	26832,7	1083,16	4441,84		32243,4	4583,95	249
10	МДС 81-35.2004 п.4.96	Непредвиденные расходы и затраты, 3	804,981	32,5	133,26		5246,83	137,52	
		<b>Всего по объектной смете</b>	27637,68	1115,66	4575,1		37490,23	4721,47	3029,1

## Приложение И

Производственный корпус машиностроительного завода в г. Омске

Составлен в ценах на 1.05.2020

Сметная стоимость 48823,55 тыс.руб.

Таблица И.1- Сводный сметный расчет

№ п/п	Номера смет и расчетов	Наименование глав, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс.руб				Общая сметная стоимость
			Строительные работы	Монтажные работы	Оборудование и инвентарь	Прочих	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Гл.2 Основные объекты строительства</b>							
1	О.С.	Производственный корпус склада готовой продукции	24680,26	996,26	4085,52		29762,14
<b>Гл.6 Наружные сети и сооружения</b>							
2	Расчет	Наружные сети	1234,13				1488,107
		<b>Итого гл.1-7</b>	25914,39	996,26	4085,52		31250,25
<b>Гл.8 Временные здания и сооружения</b>							
3	ГСН 81-05-01-2001	Временные здания и сооружения	725,6	27,9	114,4		753,5
		<b>Итого гл.1-8</b>	26639,99	1024,16	4199,92		32003,75
<b>Гл.9 Прочие работы и затраты</b>							
4	ГСН 81-05-02-2007	Зимнее удорожание	1534,47	59	241,92		1593,47
5	Письмо АКО №12-3012684 от 05.07.99	Охрана объекта				739,14	739,14
		<b>Итого гл.1-9</b>	28174,46	1083,16	4441,84	793,14	34336,36
<b>Гл.10 Содержание дирекции, строительного контроля</b>							
6	Постановление правительства РФ №468 от 21.06.2010	Строительный контроль,				734,8	734,8

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Гл.12 Проектные и изыскательные работы</b>							
7	Смета на пр.раб.	Проектные работы				4964,26	4964,26
8	Постановление правительства РФ №145 от 05.09.2007	Экспертиза				141,03	141,03
		Итого гл.1-12	23174,46	1083,16	4441,88	6279,23	40176,45
9	МДС 81-35.2004 п.4.96	Непредвиденные расходы и затраты	845,3	32,5	133,26	188,38	1199,44
		Итого по сводному сметному расчету	29019,76	1115,66	4575,14	6467,61	41375,89
		НДС 18%					7447,66
		Всего СНДС					48823,55

# Приложение К

Рисунок К.1-Фасад в осях 1-10; план на отметке 0,000

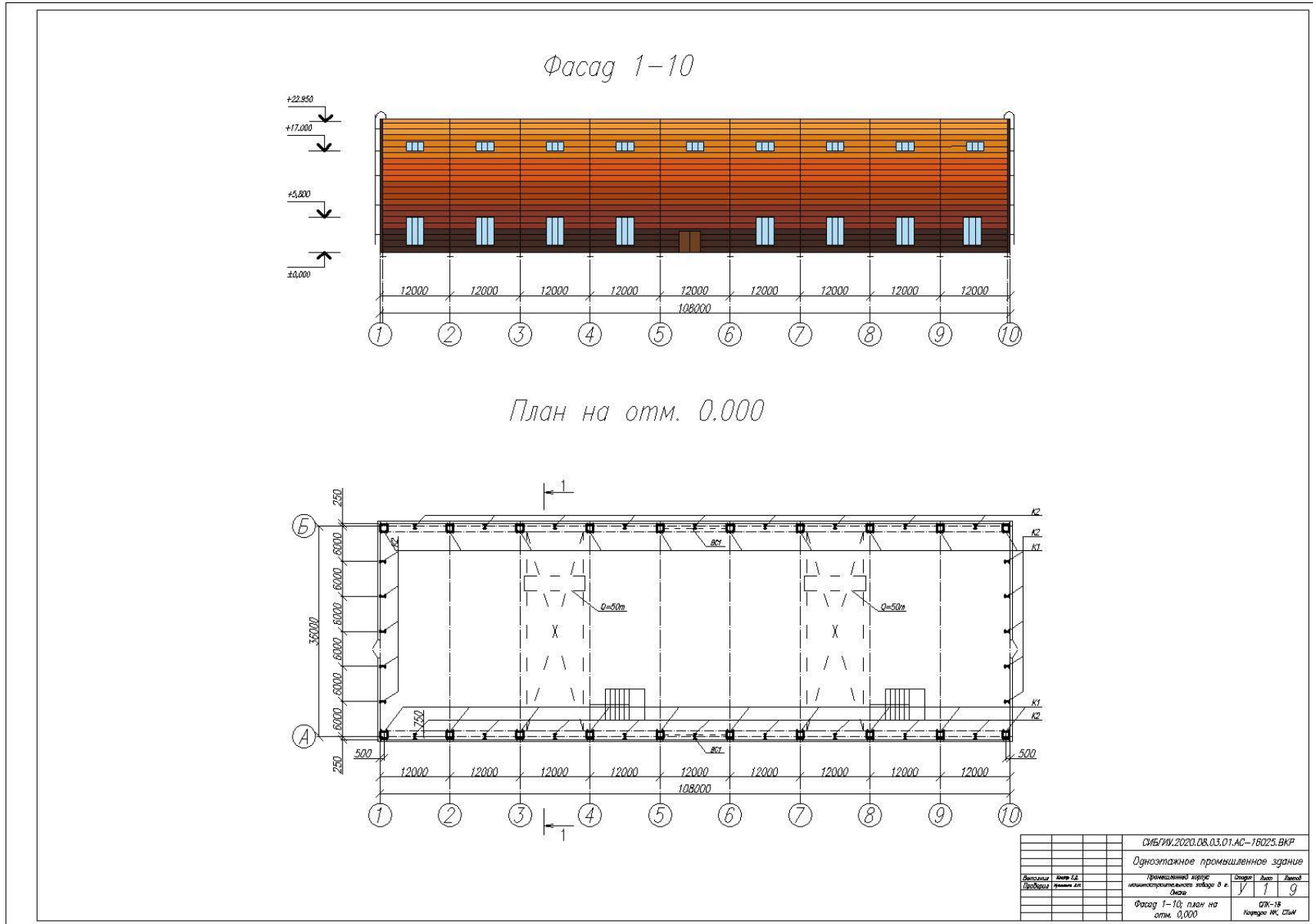


Рисунок К.2-Схема расположения связей по верхним поясам ферм; схема расположения по нижним поясам ферм; схема расположения вертикальных связей; план кровли.

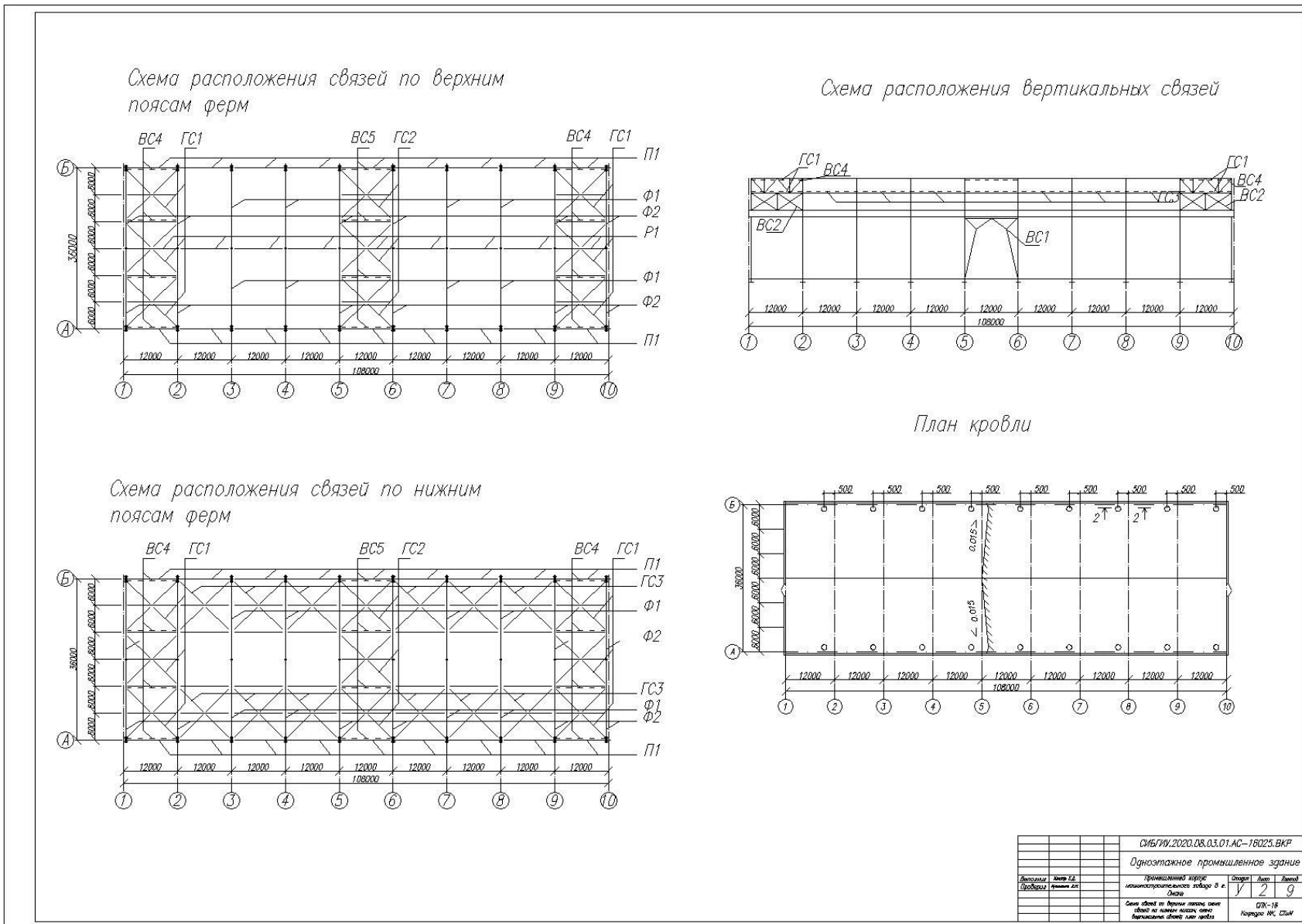




Рисунок К.3- Разрез 1-1; архитектурные узлы.

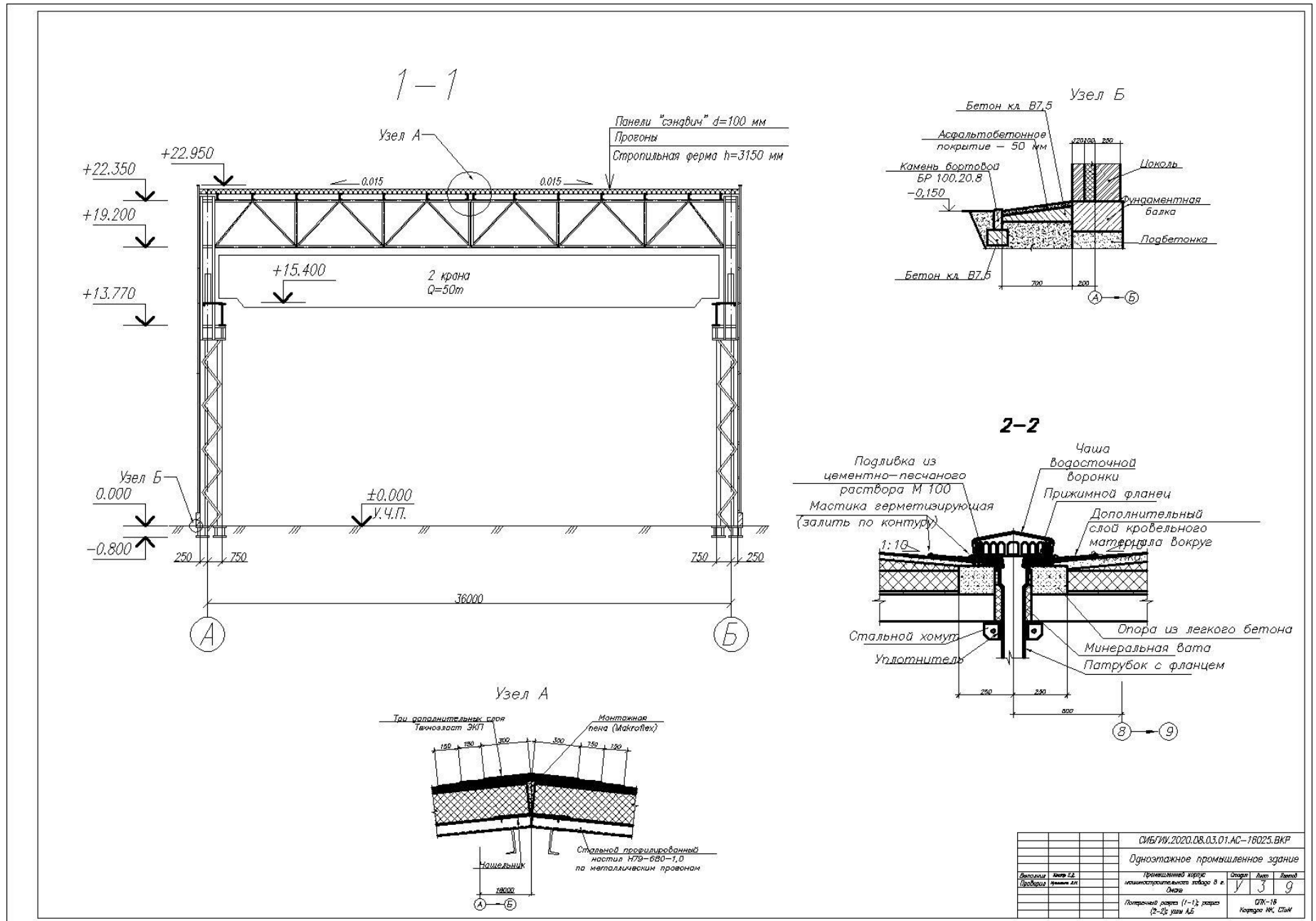


Рисунок К.4-ПБ-1; вид А, Б; разрез 1-1; разрез 2-2

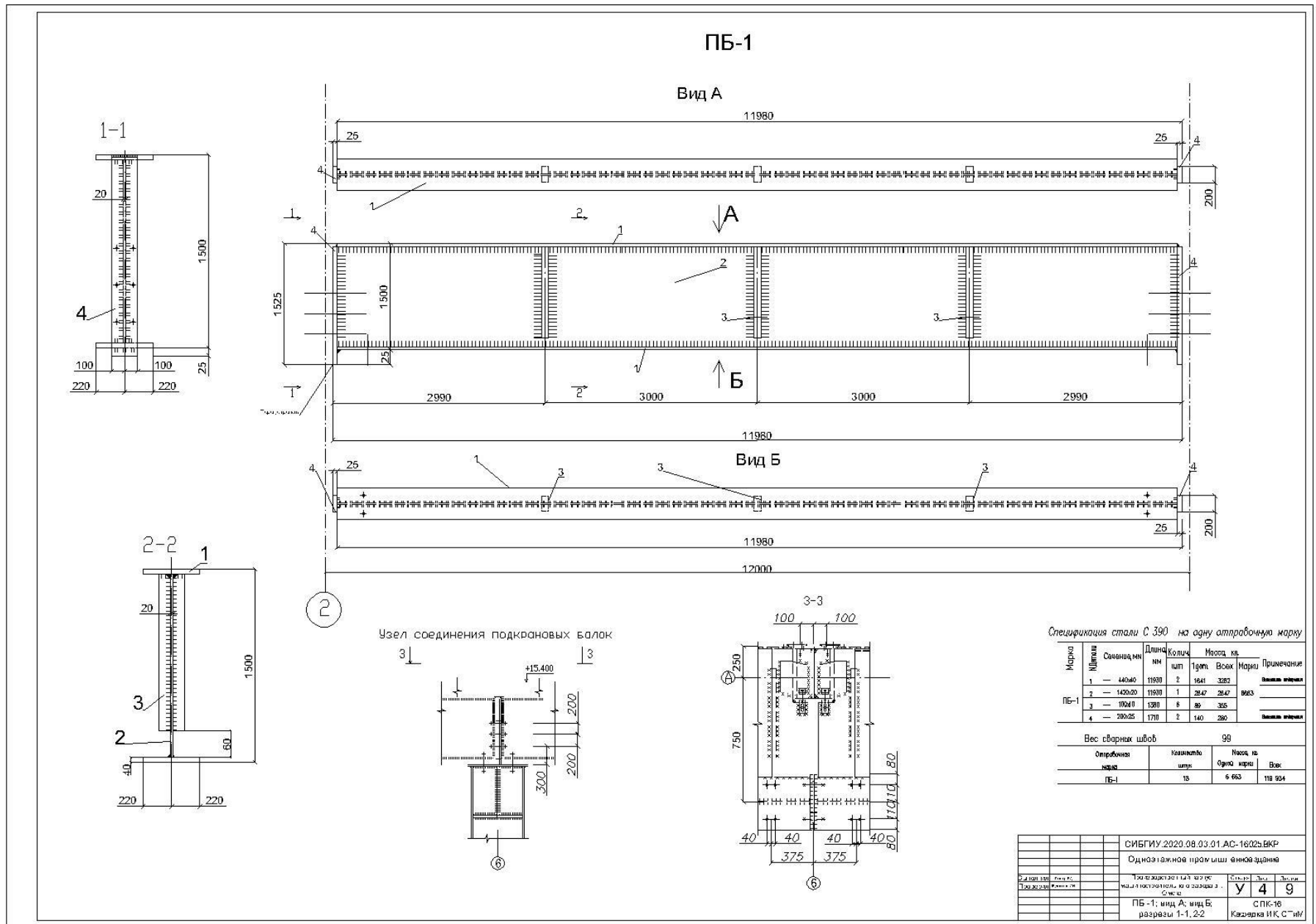
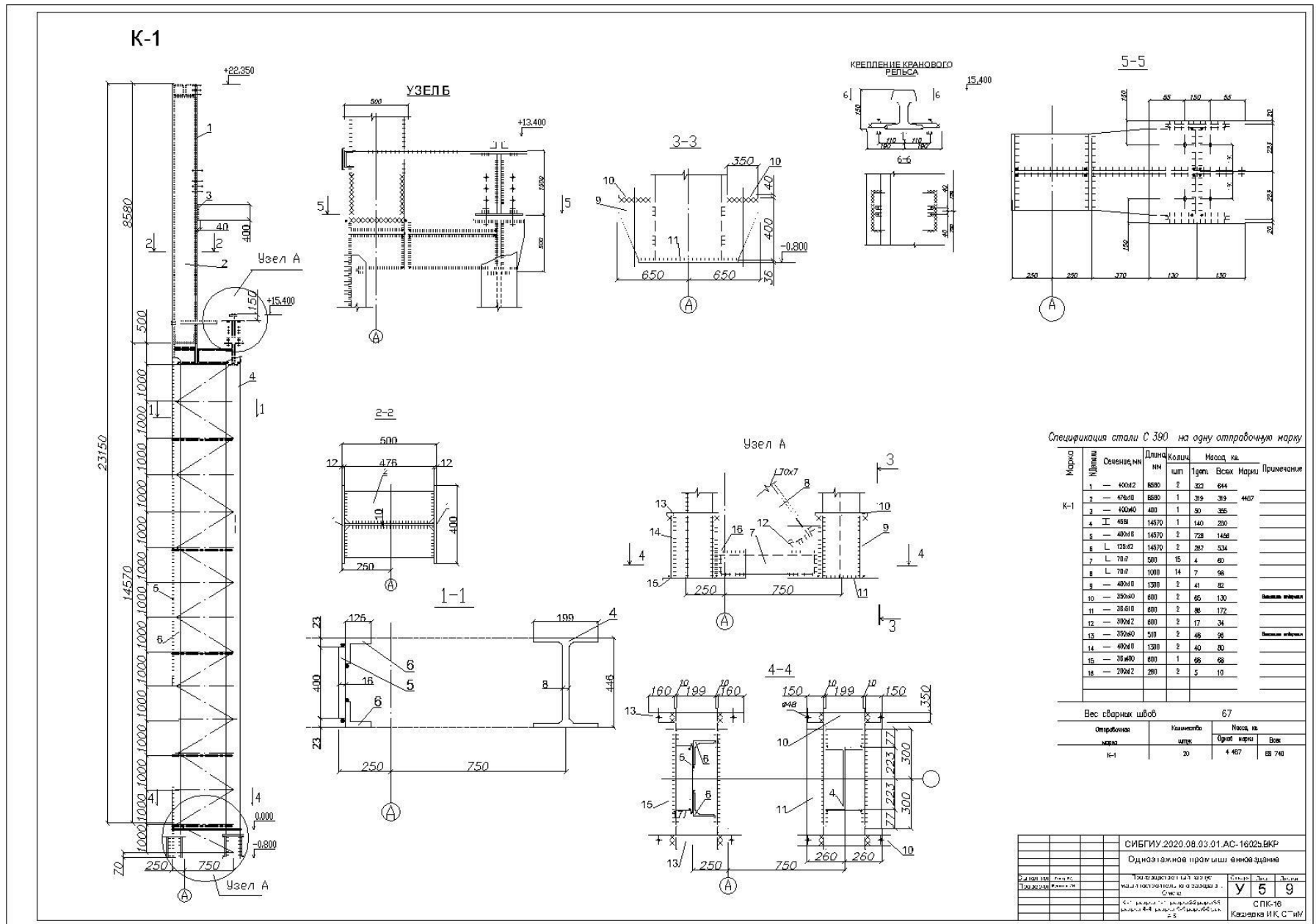


Рисунок К.5- К-1; узел А,Б; разрез 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5







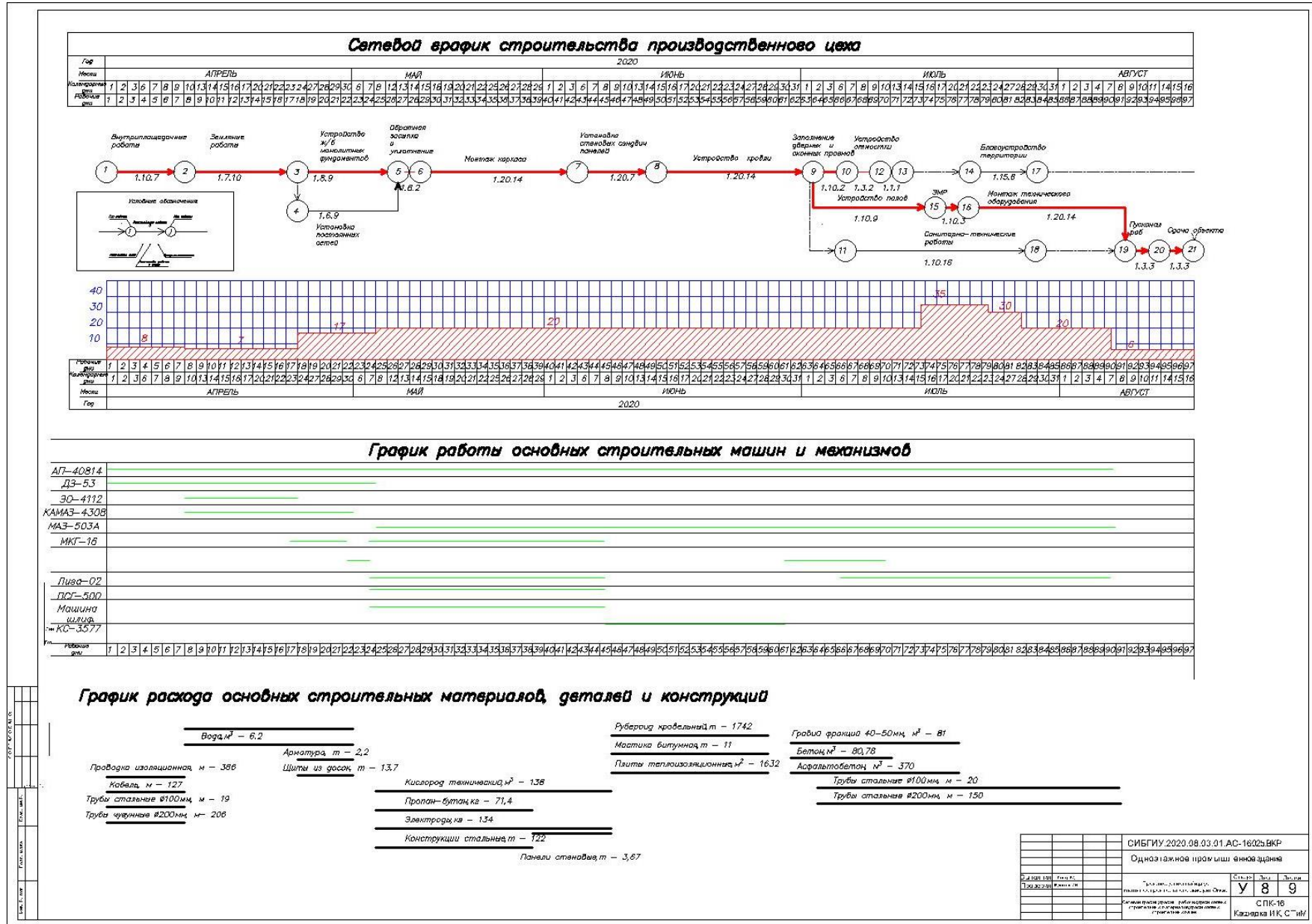


Рисунок К.9-Стройгенплан

