Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

Оренбургский государственный университет

Архитектурно-строительный факультет

Кафедра строительных конструкций

Курсовая работа

по дисциплине «Металлические конструкции»

Стальной каркас I-го промышленного здания

Пояснительная записка

ОГУ 270102. 1.1 06. 010 МК

Руководитель проекта

Никулина О.В.

Исполнитель

студент гр. С-2.

Иванов А.А..

Содержание

Исходные данные для проектирования

1 Расчет стропильной фермы

1.1 Построение геометрической схемы фермы

1.2 Сбор нагрузок на ферму

1.2.1 Постоянная нагрузка

1.2.2 Снеговая нагрузка

1.3 Определение расчетных усилий в элементах фермы

1.3.1 Построение диаграмм от постоянной нагрузки и от снеговой нагрузки на половине пролета

1.3.2 Определение расчетных усилий в элементах фермы

1.4 Подбор сечений элементов фермы

1.4.1 Подбор сечения элементов верхнего пояса

1.4.2 Подбор сечения элементов нижнего пояса

1.4.3 Подбор сечения элементов раскосов

1.4.4 Подбор сечения элементов стоек

1.4.5 Составление таблицы подбора сечений для элементов фермы

1.5 Расчет узлов фермы

1.5.1 Расчет К-образного верхнего узла фермы

1.5.2 Расчет Т-образного верхнего узла фермы

1.5.3 Расчет опорного узла фермы

1.5.4 Расчет укрупнительного узла фермы

2 Расчет поперечной рамы

2.1 Компоновка поперечной рамы

2.2 Сбор нагрузок на поперечную раму

2.2.1 Постоянная нагрузка

2.2.2 Снеговая нагрузка

2.2.3 Ветровая нагрузка

2.2.4 Крановая нагрузка

3 Расчет ступенчатой колонны

3.1 Статический расчет рамы выполнен с помощью программы “METAL”

3.2 Назначение расчетных длин участков ступенчатой колонны

3.3 Расчет верхней части ступенчатой колонны

3.4 Подбор сечения и конструирование узлов нижней части колонны

3.4.1 Определение усилий в ветвях колонны

3.4.2 Подбор сечения подкрановой ветви колонны

3.4.3 Подбор сечения шатровой ветви колонны

3.4.4 Подбор сечения раскосов соединительной решетки

3.5 Конструирование и расчет узла сопряжения верхней части колонны с нижней (подкрановой траверсы)

3.6 Расчет и конструирование базы подкрановой ветви

3.7 Расчет анкерных болтов базы подкрановой ветви

3.8 Расчет анкерной плитки

3.9 Проверка сечения траверсы на изгиб и срез от действия силы приходящейся на один анкерный болт

4 Подбор сечений элементов связевой системы

Список использованных источников

Исходные данные для проектирования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. | Пролет L, м | 36,0 |
| 2. | Длина здания , м | 204,0 |
| 3. | Шаг рам В, м | 6,0 |
| 4. | Отметка головки кранового рельса , м | 9,6 |
| 5. | Грузоподъемность крана Q, кН | 500 |
| 6. | Режим работы крана | 4К |
| 7. | Тепловой режим здания | Н/О |
| 8. | Район строительства | г. Казань |
| 9. | Высота фермы на опоре , м | 3,15 |
| 10. | Уклон верхнего пояса ферм  | 0,015 |
| 11. | Сечение элементов ферм: |  |
| пояса |  |
| решетка |  |
| 12. | Ветровая нагрузка II,  | 0,3 |
| 13. | Снеговая нагрузка IV,  | 2,4 |
| 14. | Температура наиболее холодной пятидневки  | -32 |

1 Расчет стропильной фермы

1.1 Построение геометрической схемы фермы

Пролет фермы .

Рисунок 1 – Геометрическая схема фермы

.

1.2 Сбор нагрузок на ферму

1.2.1 Постоянная нагрузка

Таблица 1 – Сбор постоянной нагрузки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование нагрузки | , кПа |  | , кПа |
| 1. | Защитный слой | 0,3 | 1,3 | 0,39 |
| 2. | Гидроизоляционный четырехслойный ковер | 0,2 | 1,3 | 0,26 |
| 3. | Железобетонная ребристая плита (3х6) | 1,6 | 1,1 | 1,76 |
| 4. | Прогоны сплошные | 0,08 | 1,05 | 0,084 |
| 5. | Собственный вес стропильной фермы | 0,4 | 1,05 | 0,42 |
| 6. | Связи | 0,04 | 1,05 | 0,042 |
|  | Всего: |  |  | 2,956 |

Узловая постоянная нагрузка находится по формуле:

,

где – коэффициент надежности по ответственности здания.

Так как здание относится ко второму уровню ответственности, то коэффициент надежности по ответственности здания равен /3/.

.

Рисунок 2 – Расчетная схема при расчете стропильной фермы на постоянную нагрузку

Опорные реакции стропильной фермы от постоянной нагрузки, находятся следующим образом:

.

1.2.2 Снеговая нагрузка

Узловая снеговая нагрузка на ферму находится по формуле:

;

.

При расчете стропильных ферм учитывается два варианта загружения снегом:

I. Снег на всем пролете

Рисунок 3 – Расчетная схема при расчете стропильной фермы на I вариант снеговой нагрузки

Опорные реакции стропильной фермы от I варианта снеговой нагрузки, находятся следующим образом:

.

II. Снег на половине пролета

Рисунок 4 – Расчетная схема при расчете стропильной фермы на II вариант снеговой нагрузки

Опорная реакция стропильной фермы от II варианта снеговой нагрузки, находится следующим образом:

.

Опорная реакция стропильной фермы от II варианта снеговой нагрузки, находится следующим образом:

.

Проверка правильности нахождения опорных реакции и стропильной фермы, от II варианта снеговой нагрузки:

;

;

реакции найдены верно.

1.3 Определение расчетных усилий в элементах фермы

Усилия в элементах фермы от отдельных видов загружения можно определить графическим методом, а именно построением диаграммы Максвелла-Кремоны.

Таблица 2 – Определение усилий в элементах фермы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование элемента | Обозначение на диаграмме | Усилия, кН | Nрасч. |
| От постоянной нагрузки | От снега I варианта | От снега II варианта | ⊕ | Θ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Верхний пояс | В-2 | -497,20 | -403,68 | -282,57 |  | 900,88 |
| C-3 | -497,20 | -403,68 | -282,57 |  | 900,88 |
| D-5 | -795,51 | -645,88 | -403,67 |  | 1441,39 |
| E-6 | -795,51 | -645,88 | -403,67 |  | 1441,39 |
| F-8 | -894,88 | -726,55 | -363,31 |  | 1621,43 |
| G-9 | -894,88 | -726,55 | -363,31 |  | 1621,43 |
| H-11 | -795,51 | -645,88 | -242,20 |  | 1441,39 |
| I-12 | -795,51 | -645,88 | -242,20 |  | 1441,39 |
| J-14 | -497,20 | -403,68 | -121,10 |  | 900,88 |
| K-15 | -497,20 | -403,68 | -121,10 |  | 900,88 |
| Нижний пояс | 1-N | 273,50 | 222,06 | 161,47 | 469,56 |  |
| 4-N | 671,21 | 544,96 | 363,31 | 1216,17 |  |
| 7-N | 870,02 | 706,37 | 403,67 | 1576,39 |  |
| 10-N | 870,02 | 706,37 | 302,75 | 1576,39 |  |
| 13-N | 671,21 | 544,96 | 181,65 | 1216,17 |  |
| 16-N | 273,50 | 222,06 | 60,55 | 469,56 |  |
| Раскосы | 1-A | -389,96 | -316,61 | -230,26 |  | 706,57 |
| 2-1 | 319,06 | 259,05 | 172,70 | 578,11 |  |
| 4-3 | -248,16 | -201,48 | -115,13 |  | 449,64 |
| 5-4 | 177,26 | 143,92 | 57,57 | 321,18 |  |
| 7-6 | -106,31 | -86,31 | 0,00 |  | 192,62 |
| 8-7 | 35,45 | 28,78 | -57,57 | 64,23 | -22,12 |
| 10-9 | 35,45 | 28,78 | 86,35 | 121,8 |  |
| 11-10 | -106,31 | -86,31 | -86,35 |  | 192,66 |
| 13-12 | 177,26 | 143,92 | 86,35 | 321,18 |  |
| 14-13 | -248,16 | -201,48 | -86,35 |  | 449,64 |
| 16-15 | 319,06 | 259,05 | 86,35 | 578,11 |  |
| L-16 | -389,96 | -316,61 | -86,35 |  | 706,57 |
| Стойки | 3-2 | -50,55 | -41,04 | -41,04 |  | 91,59 |
| 6-5 | -50,55 | -41,04 | -41,04 |  | 91,59 |
| 9-8 | -50,55 | -41,04 | -20,52 |  | 91,59 |
| 12-11 | -50,55 | -41,04 | 0,00 |  | 91,59 |
| 15-14 | -50,55 | -41,04 | 0,00 |  | 91,59 |

Усилия в элементах фермы от снега на всем пролете (I варианта) находятся по формуле:

;

где – усилия в элементах фермы от постоянной нагрузки;

 – узловая снеговая нагрузка;

F – узловая постоянная нагрузка.

Расчетные усилия в элементах фермы находятся по формуле:

;

где – усилия в элементах фермы от снега на половине пролета (II варианта).

1.4 Подбор сечений элементов фермы

Выбор стали для элементов фермы:

Для температуры наиболее холодной пятидневки принимаем из таблицы /1/ сталь для второй группы конструкций марки С255 ГОСТ 27772-88.

Плотность сталь: .

1.4.1 Подбор сечения элементов верхнего пояса

Для панелей D-5, E-6, F-8, G-9, H-11, I-12, максимальное усилие равно:

 – сжатие.

Расчетные длины панелей:

,

где d – длина верхней панели между раскосом и стойкой.

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент .

Требуемая площадь сечения:

.

где - коэффициент условия работы (таблица 6 /1/, );

 - расчетное сопротивление стали сжатию, растяжению и изгибу назначенное по пределу текучести. Определяется по таблице /1/ в зависимости от марки стали для толщин не более 20 мм. .

Минимальная площадь сечения:

.

Из сортамента ГОСТ 26020-83 выбираем двутавр 35К2: ; ; .

;

.

По таблице 72 /1/ коэффициент .

Придельная гибкость сжатых элементов находится по таблице /1/, пункт 1. а): ;

.

Проверка сечения на устойчивость:

,

т.е. условие выполняется.

Для панелей B-2, C-3, J-14, K-15, максимальное усилие равно:

 – сжатие.

Расчетные длины панелей:

.

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент .

Требуемая площадь сечения:

.

Минимальная площадь сечения:

.

Из сортамента ГОСТ 26020-83 выбираем двутавр 30К2: ; ; .

;

.

По таблице 72 /1/ коэффициент .

Придельная гибкость сжатых элементов : ;

.

Проверка сечения на устойчивость:

,

т.е. условие выполняется.

1.4.2 Подбор сечения элементов нижнего пояса

Для панелей 4-N, 7-N, 10-N, 13-N, максимальное усилие равно:

 – растяжение.

Расчетные длины панелей: ,

где - длина нижней панели между стойками.

.

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ГОСТ 26020-83 выбираем двутавр 26К2: ; ; .

;

.

Придельная гибкость растянутых элементов находится по таблице /1/, при воздействии на конструкцию нагрузок статических, .

Проверка сечения на прочность:

, т.е. условие выполняется.

Для панелей 1-N, 16-N, максимальное усилие равно:

 – растяжение.

Расчетные длины панелей: .

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ГОСТ 26020-83 выбираем двутавр 20К2:

; ; .

;

.

Придельная гибкость растянутых элементов: .

Проверка сечения на прочность:

, т.е. условие выполняется.

1.4.3 Подбор сечения элементов раскосов

Для опорных раскосов 1-A, L-16, максимальное усилие равно:

 – сжатие.

Расчетные длины раскосов:

.

Задаемся коэффициентом .

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ТУ 36-2287-80 выбираем профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной :

; .

.

По таблице 72 /1/ коэффициент .

Придельная гибкость сжатых элементов : ;

.

Проверка сечения на устойчивость:

,

т.е. условие выполняется.

Для раскосов 2-1, 16-15, максимальное усилие равно:

 – растяжение.

Расчетные длины раскосов:

.

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ТУ 36-2287-80 выбираем профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной : ; .

.

Придельная гибкость растянутых элементов: .

Проверка сечения на прочность:

, т.е. условие выполняется.

Для раскосов 4-3, 14-13, максимальное усилие равно:

 – сжатие.

Расчетные длины раскосов:

.

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент .

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ТУ 36-2287-80 выбираем профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной :

; .

,

По таблице 72 /1/ коэффициент .

Придельная гибкость сжатых элементов :

;

.

Проверка сечения на устойчивость:

, т.е. условие выполняется.

Для раскосов 5-4, 13-12, максимальное усилие равно:

 – растяжение.

Расчетные длины раскосов:

.

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ТУ 36-2287-80 выбираем профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной :

; .

.

Придельная гибкость растянутых элементов: .

Проверка сечения на прочность:

, т.е. условие выполняется.

Для раскосов 7-6, 11-10, максимальное усилие равно:

 – сжатие.

Расчетные длины раскосов:

.

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент .

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ТУ 36-2287-80 выбираем профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной :

; .

.

По таблице 72 /1/ коэффициент .

Придельная гибкость сжатых элементов :

;

.

Проверка сечения на устойчивость:

,

т.е. условие выполняется.

Для раскосов 8-7, 10-9, максимальные усилия равны:

 – растяжение; – сжатие.

Расчетные длины раскосов:

.

Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ТУ 36-2287-80 выбираем профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной : ; .

.

По таблице 72 /1/ коэффициент .

Придельная гибкость сжатых элементов :

;

.

Проверка сечения на прочность:

, т.е. условие выполняется.

1.4.4 Подбор сечения элементов стоек

Для стоек 3-2, 6-5, 9-8, 12-11, 15-14, максимальное усилие равно: – сжатие.

Расчетные длины стоек:

.

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент . Требуемая площадь сечения:

.

Из сортамента ТУ 36-2287-80 выбираем профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной : ; .

,

По таблице 72 /1/ коэффициент .

Придельная гибкость сжатых элементов :

;

.

Проверка сечения на устойчивость:

, т.е. условие выполняется.

1.5 Расчет узлов фермы

Конструктивно принимаем для всех раскосов профиль сварной квадратного сечения размером , толщиной .

Сварочную проволоку выбираем по таблице /1/: Св-08А.

1.5.1 Расчет К-образного верхнего узла фермы

Расчет узла начинается с назначения размеров деталей усиления.

Рисунок 8 – Конструктивное оформление промежуточного К-образного узла

Для этого узлы вычерчивают в масштабе и устанавливают размеры наклонных планок, ребер и если требуется фасонок усиления узлов. Планки принимаем толщиной 10 мм. Сварные швы, прикрепляющие раскосы к поясам, рассчитываются как стыковые и проверяются на прочность: по нормальным напряжениям, на сдвиг.

Раскос 10-9

По нормальным напряжениям:

,

где ; ; ;

, т.к. отношение

 две продольные грани гнутой трубы (стр. 12 /7/);

по таблице 3 /1/; .

, т.е. условие выполняется.

На сдвиг:

,

где ;

 по таблице 3 /1/; ;

 по таблице /1/;

, т.е. условие выполняется.

Раскос 11-10

По нормальным напряжениям:

,

где ; ; ;

, т.к. отношение

 две продольные грани гнутой трубы (стр. 12 /7/);

, т.е. условие выполняется.

На сдвиг:

,

где ;

, т.е. условие выполняется.

Шов Ш1

В К-узлах определяют расчетное усилие на 1 см длины шва Ш1, соединяющего наклонную планку со стенкой:

,

где – максимальное усилие, действующее на планку, определяется по формуле:

,

здесь – угол наклона планки;

 – угол наклона раскоса;

 – расчетное усилие в элементе пояса рассчитываемого узла;

, , ;

; ;

; – размеры по рисунку 8;

 – узловая нагрузка;

;

.

Тогда из условия обеспечения прочности сварного шва, приваривающего планку к стенке:

,

получим катет

;

Определяем коэффициент провара по таблице /1/: , .

 по таблице 56 /1/;

,

где по таблице /1/ нахожу ;

;

; - пункт /1/.

Выбираем расчетное сечение сварного шва:

.

Расчетное сечение – является сечение по металлу сварного шва.

.

Окончательно принимаем .

1.5.2 Расчет Т-образного верхнего узла фермы

Стойка в ферме дополнительно рассчитывается как внецентренно нагруженная от действия поперечной силы (формула 23 /1/) из плоскости фермы.

Рисунок 9 – Конструктивное оформление Т-образного верхнего узла

,

где - высота пояса;

 - геометрическая длина стойки;

 - угол наклона стойки.

Задаемся начальной гибкостью

 (из таблицы 72 /1/).

,

где N – усилие в стойке;

.

Проверяем условие:

,

где - коэффициент определяемый по таблице 74 /1/, для этого нужно определить относительный эксцентриситет и условную гибкость ;

 - площадь сечения раскоса.

Относительный эксцентриситет:

,

где - коэффициент влияния формы сечения, определяемый по таблице 73 /1/;

;

;

Тогда

тип сечения №4

Момент сопротивления равен:

,

где - момент инерции;

 - наружный размер стойки.

Тогда ;

,

т.е условие выполняется.

1.5.3 Расчет опорного узла фермы

Расчет нижнего опорного узла фермы с восходящим опорным раскосом состоит из проверки прочности сварных швов, соединяющих элементы узла, и назначения размеров опорного фланца из условия работы его торца на смятие.

Рисунок 10 – Конструктивное оформление опорного узла

Опорная реакция равна:

.

Определение толщина фланца:

,

где - расчетное сопротивление смятию торцевой поверхности, определяется по таблице /1/;

;

.

Принимаем минимальную толщину фланца 14 мм.

Шов Ш2

Проверяем шов Ш2, прикрепляющий элементы опорного узла к фланцу.

;

, по рисунку 10.

Задаемся катетом равным по таблице /1/.

Определяем коэффициент провара по таблице /1/: , .

 по таблице 56 /1/;

,

где по таблице /1/ нахожу ;

;

; - пункт /1/.

Выбираем расчетное сечение сварного шва:

.

Расчетное сечение – является сечение по металлу сварного шва.

.

Окончательно принимаем .

Шов Ш3

Швом Ш3 приваривают стенку восходящего опорного раскоса к полке двутавра нижнего пояса фермы. Его катет назначают из условия равнопрочности со стенкой раскоса:

,

где – угол наклона раскоса;

 - толщина стенки раскоса;

Расчетное сечение – является сечение по металлу сварного шва (см. выше).

.

Окончательно принимаем .

Шов Ш4

Шов Ш4, прикрепляющий наклонные усиливающие планки, рассчитывается на усилие:

,

где – угол наклона раскоса;

 – угол наклона планки;

 – расчетное усилие в раскосе рассчитываемого узла;

, , , ;

;

.

где - длина сварного шва.

Окончательно принимаем .

1.5.4 Расчет укрупнительного узла фермы

Расчет укрупнительного узла не производим, а принимаем по сортаменту фланцевых соединений растянутого пояса фермы по таблице 3 /7/.

Принимаем болты из стали марки 40Х «селект» диаметром 20 мм, по таблице /1/.

Размещаем болты в соответствии с таблицей 39 /1/.

Рисунок 11 – Схема фланцевого соединения

2 Расчет поперечной рамы

2.1 Компоновка поперечной рамы каркаса

Поперечные рамы каркаса состоят из колонн (стоек рамы) и ригелей (в виде ферм или сплошностенчатых сечений).

Рисунок 12 – Схема поперечной рамы однопролетного здания

Мостовой кран принимаем по приложению 1 /4/ в зависимости от грузоподъемности крана по заданию.

Принимаем кран грузоподъемностью .

Вертикальные габариты здания зависят от технологических условий производства и определяются расстоянием от уровня пола до головки кранового рельса и расстоянием от головки кранового рельса до низа несущих конструкций покрытия . В сумме эти размеры составляют полезную высоту цеха Н.

Размер диктуется высотой мостового крана:

,

где – расстояние от головки рельса до верхней точки тележки крана, определяемое по приложению 1 /4/;

100 мм – установленный по требованиям техники безопасности зазор между верхней точки тележки крана и строительными конструкциями;

 – размер, учитывающий прогиб конструкции покрытия, принимаемый равный 200 - 400 мм, в зависимости от величины пролета, т.е. для больших пролетов больший размер.

Окончательный размер принимаем кратный 200 мм .

Высота цеха от уровня пола до низа стропильных ферм:

,

где – наименьшая отметка головки кранового рельса, которая задается по условию технологического процесса (по заданию ).

Окончательный размер принимаем кратный 600 мм .

Уточняем высоту

.

Далее устанавливаем размер нижней части колонны :

,

где по приложению 1 /4/;

 - принимать произвольно.

Размер верхней части колонны :

.

Ширина верхней части колонны:

, принимаем .

Ширина нижней части колонны:

,

где из рисунка 12:

,

принимаем ;

 - наружная привязка верхней части колонны;

 - по приложению 1 /4/.

.

2.2 Сбор нагрузок на поперечную раму

2.2.1 Постоянная нагрузка

Постоянные нагрузки на ригель рамы обычно принимают равномерно распределенными по длине ригеля.

Суммарная нагрузка на ферму равна:

 - из таблицы 1.

Погонная нагрузка на ригель рамы равна:

,

где - коэффициент надежности по назначению здания.

Рисунок 13 – Схема к расчету на постоянную нагрузку

2.2.2 Снеговая нагрузка

Погонная снеговая нагрузка на ригель рамы равна:

,

где - из таблицы 4 /3/.

Рисунок 14 – Схема к расчету на снеговую нагрузку

2.2.3 Ветровая нагрузка

Погонная фактическая, активная составляющая нагрузка на стойку рамы равна:

,

где - коэффициент надежности по ветровой нагрузки;

 - нормативное значение ветрового давления, определяется по таблице 5 /3/ в зависимости от ветрового района;

с - аэродинамический коэффициент, определяемый по приложению 4 /3/ для активной и пассивной составляющих;

 - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, определяется по таблице 6 /3/, в зависимости от типа местности.

Выбираем тип местности В — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м.

Рисунок 15 – Схема к расчету на ветровую нагрузку

Для заданного типа местности В с учетом коэффициента k из таблицы 6 /3/ получаем следующее значение ветрового давления по высоте здания:

- на высоте до 5 м;

- на высоте 10 м;

- на высоте 20 м.

Согласно рисунку 15, вычислим значения нормативного давления на отметках верха колонн и верха панели:

- на отметке 13,80:

;

- на отметке 17,68:

.

Для удобства фактическую линейную нагрузку (в виде ломанной прямой) можно заменить эквивалентной, равномерно распределенной по всей высоте.

Найдем площади эпюр:

;

;

.

Активная составляющая нагрузки:

.

Погонная фактическая, пассивная составляющая нагрузка на стойку рамы равна:

,

Значение ветрового давления по высоте здания:

- на высоте до 5 м;

- на высоте 10 м;

- на высоте 20 м.

- на отметке 13,80: ;

- на отметке 17,68: .

Найдем площади эпюр:

;

;

.

Пассивная составляющая нагрузки:

.

Ветровая нагрузка, действующая на участке от низа ригеля до наиболее высокой точки здания, заменяется сосредоточенной силой, приложенной в уровне низа ригеля рамы.

Рисунок 16– Схема к расчету на ветровую сосредоточенную нагрузку

Сосредоточенная активная нагрузка на стойку рамы:

.

Сосредоточенная пассивная нагрузка на стойку рамы:

.

2.2.4 Крановая нагрузка

I. Вертикальное давление крана на колонну

Предусматривается наличие двух кранов в пролете.

Рисунок 17– Схема к расчету на крановую нагрузку

Вертикальная нагрузка на подкрановые балки и колонны определяется от двух наиболее неблагоприятных по воздействию кранов.

Расчетное усилие , передаваемое на колонну колесами крана, можно определить по линии влияния опорных реакций подкрановых балок, при наиневыгоднейшем расположении кранов на балках:

,

где - коэффициент надежности для крановой нагрузки;

 - коэффициент надежности для подкрановой балки;

 - коэффициент сочетания, учитывающий вероятность появления двух кранов у опоры с максимальным грузом;

 - нормативное давление на одно колесо крана, определяемое по приложению 1 /4/;

 - координаты линии влияния;

 - собственный вес подкрановой балки;

 - это произведение в расчете не учитываем.

Рисунок 18 – К определению нагрузок на раму от мостовых кранов

По приложению 1 /4/ расстояние , ,

, где

Координаты линии влияния из рисунка 18 равны:

;

;

.

.

На другой ряд колонны также будут передаваться усилия, но значительно меньшее.

,

где - грузоподъемность крана;

 - масса крана с тележкой, определяемая по приложению 1 /4/;

 - количество колес с одной стороны.

.

II. Нагрузка от горизонтального торможения тележки крана с грузом

Расчетная горизонтальная сила Т, передаваемая подкрановыми балками на колонну от сил , определяется при том же положении мостовых кранов:

,

где - нормативная горизонтальная нагрузка на одно колесо крана

.

.

3 Расчет ступенчатой колонны

3.1 Статический расчет рамы выполнен с помощью программы “METAL”

Таблица 3 – Результаты статического расчета

3.2 Назначение расчетных длин участков ступенчатой колонны

Коэффициенты расчетной длины отдельных участков ступенчатых колонн в плоскости рамы следует определять согласно приложению 6 /1/.

Рисунок 19 – Схема ступенчатой колонны

Коэффициенты расчетной длины для нижнего участка одноступенчатой колонны следует принимать в зависимости от отношения и величины ,

где - моменты инерции сечений и длины соответственно нижнего и верхнего участков колонны и ;

;

;

.

Тогда из таблицы 67 /1/ с помощью интерполяции найдем .

Коэффициент расчетной длины для верхнего участка колонны во всех случаях следует определять по формуле:

.

Расчетная длина верхней части колонны в плоскости рамы (в плоскости действия момента) вычислим по формуле:

.

Расчетная длина нижней части колонны в плоскости рамы (в плоскости действия момента) вычислим по формуле:

.

Расчетные длины участков колонны из плоскости рамы принимаются равными расстоянию между точками закрепления участков колонны из ее плоскости.

Для нижней части колонны:

Для верхней части колонны:

.

3.3 Расчет верхней части ступенчатой колонны

Для температуры наиболее холодной пятидневки принимаем из таблицы /1/ сталь для третьей группы конструкций марки С245 ГОСТ 27772-88.

Сечение верхней части ступенчатой колонны компонуем из трех листов стали.

Рисунок 20 – Сечение верхней части ступенчатой колонны

Принимаем .

Требуемая площадь поперечного сечения колонны определяем из условия устойчивости верхней части колонны в плоскости действия момента.

,

где - коэффициент определяемый по таблице 74 /1/, для этого нужно определить относительный эксцентриситет и условную гибкость ;

Относительный эксцентриситет:

,

где - коэффициент влияния формы сечения, определяемый по таблице 73 /1/;

, здесь ;

, здесь ;

Тогда

 (тип сечения №5).

Тогда из таблицы 74 /1/ с помощью интерполяции найдем .

.

Проверяем гибкость полки:

;

.

Проверяем гибкость стенки по формуле в таблице 27 /1/ для двутаврового сечения при , но не более 2,3:

;

;

;

.

Проверяем условие: , т.е условие выполняется.

;

;

;

.

Проверяем устойчивость верхней части колонны в плоскости действия момента:

;

Относительный эксцентриситет:

;

;

;

Тогда

(тип сечения №5).

Тогда из таблицы 74 /1/ с помощью интерполяции найдем .

.

Проверка устойчивость верхней части колоны из плоскости действия момента по п. 5.30 /1/:

,

где с – коэффициент, вычисляемый согласно требованиям п. 5.31 /1/;

 - коэффициент, вычисляемый согласно требованиям п. 5.3 /1/.

,

где

;

;

Тогда из таблицы 72 /1/ с помощью интерполяции найдем .

В запас прочности принимаем значение расчетного изгибающего момента , при проверке устойчивости из плоскости рамы, равным:

;

Относительный эксцентриситет равен:

;

Так как коэффициент с вычисляем по формуле 57 /1/:

,

где - определяется по таблице 10 /1/;

;

;

 - определяется также по таблице 10 /1/;

Так как .

Проверяем условие:

,

т.е. условие выполняется, устойчивость верхней части колонны обеспечена.

3.4 Подбор сечения и конструирование узлов нижней части колонны

3.4.1 Определение усилий в ветвях колонны

Сечение нижней части колонны сквозное, состоящее из двух ветвей, соединенных решеткой. Высота сечения .

Подкрановую ветвь колонны принимаем из широкополочного двутавра, наружную – составного сварного сечения из трех листов.

Рисунок 21 – Сечение нижней части колонны

Расчетные комбинации усилий для подбора сечения подкрановой ветви колонны из таблицы 3: ; .

Расчетные комбинации усилий для подбора сечения наружной (шатровой) ветви колонны из таблицы 3: ; .

Определяем начальное (ориентировочное) положение центра тяжести сечения. Принимаем ;

,

тогда

;

.

Определяем усилия в ветвях колонны по формулам 14.19 и 14.20 /4/.

Усилие в подкрановой ветви:

.

Усилие в наружной ветви:

.

3.4.2 Подбор сечения подкрановой ветви колонны

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент .

Требуемая площадь сечения подкрановой ветви:

.

Из сортамента ТУ 14-2-24-72 (приложение 14 /4/) выбираем двутавр с параллельными гранями полок 50Б1: ; ; ; .

по таблице 72 /1/ .

Проверяем условие устойчивости подкрановой ветви:

,

т.е. условие выполняется с недонапряжением 17%.

3.4.3 Подбор сечения шатровой ветви колонны

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент .

Требуемая площадь сечения шатровой ветви:

.

Для удобства прикрепления элементов решетки просвет между внутренними гранями полок принимаем таким же, как в подкрановой ветви:

.

Высота стенки из условия размещения сварных швов равна:

.

Толщину стенки принимаем равной .

Площадь одной полки равна:

по расчету полки не требуются, а устанавливаются конструктивно.

Толщину полки принимаем минимальную .

Ширину полки принимаем равной .

Расстояние между центрами тяжести полок равняется:

.

Определяем геометрические характеристики сечения шатровой ветви:

;

;

;

по таблице 72 /1/ .

Проверяем условие устойчивости шатровой ветви:

,

т.е. условие выполняется с недонапряжением 43%, но сечение не измененяем, так как оно принято минимальным.

Определяем положение центра тяжести шатровой ветви:

Момент инерции относительно оси :

.

.

Корректируем положение центра тяжести всего сечения колонны:

;

.

Пересчитываем продольное усилие в подкрановой ветви:

,

где

Пересчитываем продольное усилие в наружной ветви:

.

Проверяем устойчивость шатровой ветви в плоскости действия момента:

.

Из условия равноустойчивости подкрановой ветви в плоскости и из плоскости действия момента определяем расчетную длину:

.

Принимаем , тогда

,

где

.

 по таблице 72 /1/ .

,

т.е. условие выполняется, устойчивость шатровой ветви в плоскости действия момента обеспечена.

3.4.4 Подбор сечения раскосов соединительной решетки

Из статического расчета приведенного в таблице 3 поперечная сила в сечении №1 равна: .

Рисунок 22 – К подбору сечения раскосов соединительной решетки

Усилие сжатия в раскосе:

,

где - угол наклона раскоса (см. рисунок 22).

Задаемся начальной гибкостью , тогда по таблице 72 /1/ коэффициент .

Требуемая площадь сечения раскоса:

,

где - коэффициент условия работы для сжатого уголка, прикрепляемого одной полкой, определяемый по таблице /1/.

Из сортамента ГОСТ 8509-72 (приложение 14 /4/) выбираем уголок 50х5: ; .

Длина элемента соединительной решетки:

.

 по таблице 72 /1/ .

Напряжение в раскосе равно:

,

т.е. условие не выполняется, следовательно, принимаем уголок 70х6:

; .

.

Проверка устойчивости колонны в плоскости действия момента как единого стержня.

Вычисляем геометрические характеристики нижней части колонны:

;

.

Определяем гибкость стержня нижней части колонны без учета податливости решетки:

.

Приведенная (расчетная) гибкость с учетом податливости решетки:

,

где

.

Условная гибкость:

.

Выполним проверку устойчивости нижней части колонны для расчетных усилий догружающих подкрановую ветвь: ; .

Относительный эксцентриситет равен:

По таблице 75 /1/ методом интерполяции, в зависимости от и , определим .

Выполним проверку общей устойчивости:

,

т.е. проверка общей устойчивости выполняется.

Выполним проверку устойчивости нижней части колонны для расчетных усилий догружающих шатровую ветвь.

; .

Относительный эксцентриситет равен:

По таблице 75 /1/ методом интерполяции, в зависимости от и , определим .

Выполним проверку общей устойчивости:

,

т.е. проверка общей устойчивости выполняется.

3.5 Конструирование и расчет узла сопряжения верхней части колонны с нижней (подкрановой траверсой)

Рисунок 23 – Узел сопряжения верхней части колонны с нижней

Шов Ш1

Шов Ш1 рассчитываем на две комбинации усилий:

Первая комбинация для сечения 3-3:

;

.

Вторая комбинация для сечения 3-3:

;

.

Проверяем прочность стыкового сварного шва Ш1 при действии 2-х комбинаций усилий.

При первой комбинация усилий:

Для первой точки (рисунок 22) нормальные напряжения равны:

.

Для второй точки (рисунок 22) нормальные напряжения равны:

– знак минус в данном случае показывает, что в точке 1 действует усилие растяжения. Следовательно оно не должно превышать

.

При второй комбинация усилий:

Для первой точки (рисунок 22) нормальные напряжения равны:

Для второй точки (рисунок 22) нормальные напряжения равны:

.

Прочность стыкового сварного шва Ш1 обеспечена.

Шов Ш2

Для расчета шва Ш2 принимаем комбинацию усилий с положительным моментом, включающую в себя крановую нагрузку.

Шов воспринимает усилие возникающее в полке подкрановой ветви колонны:

Предварительно определим толщину стенки траверсы из условия ее работы на смятие от силы .

.

Расчетную длину вычислим по формуле:

,

где – ширина подкрановой балки, равная

;

 –толщина плиты в пределах 25÷35 мм, первоначально принимаем 30 мм.

.

,

принимаем толщину стенки траверсы 12 мм,

где

- по таблице /1/;

 - находится по таблице /1/;

 - коэффициент надежности по материалу, принимаемый по таблице /1/.

По таблице /1/ назначаем минимальный катет сварного шва, который равен .

Сварка полуавтоматическая в среде углекислого газа.

Определяем коэффициент провара по таблице /1/: , .

 по таблице 56 /1/;

, где по таблице /1/ нахожу ;

;

; - пункт /1/.

Выбираем расчетное сечение сварного шва:

.

Расчетное сечение – является сечение по металлу сварного шва.

Проверяем условие прочности:

,

где

.

Шов Ш3

Шов работает на восприятие усилия равного опорной реакции траверсы.

Рисунок 24 – Расчетная схема подкрановой траверсы

Опорная реакция найдется следующим образом:

Условие прочности шва:

Проверяем прочность стенки подкрановой ветви на срез:

,

где

;

 - из сортамента на двутавр 50Б1.

Вычисляем геометрические характеристики сечения траверсы (рисунок 23):

Расстояние между внутренними гранями полок двутавра 50Б1:

Ширина полки траверсы:

принимаем 420 мм.

принимаем 205 мм.

Проверим местную устойчивость сжатой полки траверсы:

,

т.е. условие не выполняется, следовательно увеличиваем толщину полки до 14 мм.

Тогда

Определим положение центра тяжести сечения траверсы:

.

;

;

.

.

.

Проверяем прочность сечения траверсы по нормальным напряжениям от действия первой комбинации усилий.

Изгибающий момент траверсы равен:

;

;

.

Поперечная сила в сечении траверсы возле правой опоры:

.

Поверяем прочность сечения траверсы на срез:

.

3.6 Расчет и конструирование базы подкрановой ветви

Для составления расчетных комбинаций усилий подкрановой и шатровой ветвей, воспользуемся таблицей 3.

Расчетная комбинация усилий для подкрановой ветви в сечении 1-1:

;

.

Расчетная комбинация усилий для шатровой ветви в сечении 1-1:

;

.

Определяем усилие в ветвях колонны в сечении 1-1:

.

.

Выполняем расчет подкрановой ветви, т.к. усилие большее.

Рисунок 25 – План базы

Конструктивно определение ширины листа:

принимаем лист шириной 300 мм.

Принимаем бетон для фундамента класса B15, у которого .

Из условия работы на смятие бетона под плитой базы, требуемая длина плиты определится по формуле:

,

где

.

Принимаем

 ;

.

Среднее напряжение в бетоне под плитой:

.

Определяем изгибающие моменты на отдельных участках плиты. Разбиваем плиту на участки и определяем размеры участков.

Участок 1 – консольный свес: ;

.

Участок 2 – консольный свес: ;

.

Участок 3 – плита, опертая на четыре стороны:

;

;

 расчетный момент определяется как для однопролетной балочной плиты:

.

Принимаем для расчета максимальный момент: .

Требуемая толщина плиты:

.

Принимаем лист толщиной 16 мм (2 мм – припуск на фрезеровку).

Высоту траверсы определяем из условия размещения шва крепления траверсы к ветви колонны. В запас прочности все усилие в ветви передаем на траверсы через четыре угловых шва.

Предварительно принимаем .

.

Принимаем высоту траверсы равной 26 см.

Проверяем прочность горизонтального сварного шва.

;

, т.е. условие выполняется, прочность горизонтального сварного шва обеспечена.

3.7 Расчет анкерных болтов базы подкрановой ветви

Расчетные усилия из таблицы 3:

N=-319.208 кН M(-)=-208.479 кН·м.

Усилия приходящиеся на систему анкерных болтов соответствующей ветви:

.

Предварительно принимаем 4 анкерных болта для каждой ветви.

.

Требуемая площадь сечения болта определится по формуле:

,

где - для стали Вст3кп2.

Уменьшаем количество болтов до двух, и принимаем 2 болта Ø 30 мм.

Тогда площадь будет равна:

.

3.8 Расчет анкерной плитки

;

;

.

Принимаем толщину пластины 22 мм.

3.9 Проверка сечения траверсы на изгиб и срез от действия силы приходящейся на один анкерный болт

,

где

.

;

.

С учетом отпора фундамента:

;

;

;

.

.

.

4 Подбор сечений элементов связевой системы

Принимаем предельную гибкость:

- для сжатых элементов по таблице 19 /1/;

- для растянутых элементов по таблице /1/;

- для элементов вертикальных связей расположенных между колоннами ниже подкрановых балок по таблице /1/.

Горизонтальная связь С1:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Горизонтальная связь С2:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Горизонтальная связь С3:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Горизонтальная связь С4:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Горизонтальная связь С5:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Горизонтальная связь С6:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Горизонтальная связь С7:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Вертикальная связь С8:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Вертикальная связь С9:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Вертикальная связь С10:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Вертикальная связь С11:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Вертикальная связь С12:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Горизонтальная связь С13:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Распорка Р1:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Распорка Р2:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Распорка Р3:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Распорка Р4:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Вертикальная связь ВС1:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Вертикальная связь ВС2:

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

.

По сортаменту (приложение 14 /4/) подбираем гнуто-сварной профиль квадратного сечения , , .

Список использованных источников

1. СНиП II-23-. Стальные конструкции / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 90 с.

2. СНиП 23.-01-. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 70 с.

3. СНиП 2.01.07-. Нагрузки и воздействия / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 44 с.

4. Металлические конструкции. Общий курс. Учеб. для вузов /Е.И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Веденников и др.; Под общ. ред. Е.И. Беленя – 6-е изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 560 с., ил.

5. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Элементы стальных конструкций: Учеб. Пособие для строит. вузов /В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др.; Под ред. В.В. Горева. – М.: Высш. шк., 1997. – 527 с.

6. Колоколов С.Б, Никулина О.В. Автоматизированное проектирование балочной площадки: Учебное пособие, - Оренбург: ОГУ, 2004. – 119 с.

7. Конструирование и расчет ферм с поясами из широкополочных двутовров и решеткой из гнуто-сварных профилей: Методическое указание к выполнению курсового проекта по курсу «Металлические конструкции». Сост. О.В. Никулина – Оренбург: ОрПтИ, 1992 – 28 с.