# Введение

Электрические мостовые краны широко применяются в одноэтажных промышленных зданиях, так как они обеспечивают наиболее быстрое перемещение грузов вдоль и поперек пролетов цеха.

В зависимости от характера работы они могут быть легкого, среднего, тяжелого и весьма тяжелого режима работы.

Мостовые краны перемещаются вдоль цеха по подкрановым рельсам, уложенным по подкрановым балкам. Подача грузов поперек пролета обеспечивается перемещением тележки вдоль мостового крана.

Обеспеченность работы подкрановых балок состоит в том, что они воспринимают одновременно вертикальные нагрузки от силы тяжести крана, поднимаемого грузы, горизонтальные нагрузки от торможения тележки и самого мостового крана.

Эти нагрузки подвижные, динамические передаются на подкрановый путь через колеса крана. Большие сосредоточенные силы давления приложены к вертикальным поясам и вызывают в стенке балки и поясных швах дополнительные напряжения местного сжатия.

# Расчет фермы

Сбор нагрузок

Постоянные нагрузки на 1 м2 от массы конструкций покрытия приведены в таб.

Таблица Сбор нагрузок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Вид нагрузки | Нормативная нагрузка, | Коэффициент надежности по нагрузке, | Расчетная нагрузка, |
| 1. | Защитный слой 15 мм из гравия, втопленного в мастику | 0,3 | 1,3 | 0,39 |
| 2. | Водоизоляционный ковер из трех слоев рубероида | 0,1 | 1,3 | 0,13 |
| 3. | Утеплитель 100 мм из плитного пенопласта () | 0,05 | 1,2 | 0,06 |
| 4. | Пароизоляция из одного слоя рубероида | 0,05 | 1,2 | 0,06 |
| 5. | Стальной профилированный настил | 0,155 | 1,05 | 0,16 |
| 6. | Стальной каркас комплексной панели | 0,13 | 1,05 | 0,14 |
| 7. | Стропильные фермы со связями | 0,2 | 1,05 | 0,21 |
| **Итого общая нагрузка** | | **0,985** |  | **1,15** |

# Определение усилий в элементах фермы

Узловая нагрузка от веса конструкций покрытия



Временная узловая нагрузка от массы снегового покрова .



 т.к. 

Узловая нагрузка



Результаты расчета сводим в таблицу.

Таблица Усилия в элементах фермы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент фермы | Обозначение стержней | Усилия от предельных загружений | | Расчетные усилия | |
| Постоянная нагрузка | Снеговая нагрузка | Растяжение | Сжатие |
| Верхний пояс | В1 | - | - | - | - |
| В2 | -157,32 | -287,28 |  | -444,60 |
| В3 | -157,32 | -287,28 |  | -444,60 |
| В4 | -235,36 | -429,79 |  | -665,15 |
| В5 | -235,36 | -429,79 |  | -665,15 |
| Нижний пояс | Н1 | 85,49 | 156,11 | 241,61 |  |
| Н2 | 207,00 | 378,00 | 585,00 |  |
| Н3 | 242,19 | 442,26 | 684,45 |  |
| Раскосы | Р1 | -126,89 | -231,71 |  | -358,61 |
| Р2 | 100,81 | 184,09 | 284,90 |  |
| Р3 | -70,38 | -128,52 |  | -198,90 |
| Р4 | 39,95 | 72,95 | 112,91 |  |
| Р5 | -10,35 | -18,90 |  | -29,25 |
| Стойки | С1 | -20,70 | -37,80 |  | -58,50 |
| С2 | -20,70 | -37,80 |  | -58,50 |

## Определение расчетных длин стержней фермы

Расчетные длины стержней назначаем согласно указаниям СНиП «Стальные конструкции».

## Подбор сечений элементов

**Подбор сечений верхнего пояса фермы**

Подбор сечений в панели **В1, В2, В3** ()

Конструктивно принимаем сечение , , .

Проверка





 (см, прил, IV, таб, 1 [3])



Подбор сечений в панели **В4, В5** ()

По сортаменту принимаем сечение , , .

Проверка





 (см, прил, IV, таб, 1 [3])



**Подбор сечений нижнего пояса фермы**

Подбор сечений в панели **Н1** ()

Конструктивно принимаем сечение , , .

Проверка



Подбор сечений в панели **Н2, Н3** ()

По сортаменту принимаем сечение , , .

Проверка



**Подбор сечения опорного раскоса**

()



По сортаменту принимаем сечение , , ,

Проверка





 (см, прил, IV, таб, 1 [3])



**Подбор сечения в первой стойке С1 со сплющенным концом**

()

Задаемся сечением стойки 

, принимаем .

, .

Проверка





 (см, прил, IV, таб, 1 [3])



## 

## Расчет узлов фермы

Стержни раскосов решетки из круглых труб прикрепляют непосредственно к поясам впритык сварными швами с проверкой их несущей способности  (– усилие в раскосе). Стойки, имеющие сплющенные концы, прикрепляют к поясам угловыми швами.

# Промежуточный узел фермы

Промежуточный узел фермы с заводским стыком верхнего пояса



**Материалы фермы**

Пояса – сталь С345, элементы решетки и опорный раскос – сталь С245.

Сварочная проволока – Св 08 А.

**Расчетные характеристики**

угловых швов – ,

опорного фланца – .

Сварка полуавтоматическая – .

Прочность шва, прикрепляющего раскос Р3 без разделки кромок к верхнему поясу по приближенной формуле равна:

, где

 – коэффициент условий работы шва;

 – принимаем равным толщине стенки раскоса.

, где



 – определяем по табл. 13 [5].



.

Прочность шва обеспечена.

Прочность шва, прикрепляющего раскос Р4 к верхнему поясу, равна:



.

Прочность шва обеспечена.

Заводской стык верхнего пояса выполняют стыковым швом с применением подкладного кольца. Расчет шва не производится так как он работает на сжатие.

**Укрупнительный стык нижнего пояса фермы на монтажной сварке**

Стык осуществляется с помощью парных накладок, Толщину накладки принимают , число лепестков – , размер лепестка – .

Длина сварного шва, соединяющего накладки с нижним поясом равна:

.

Несущая способность шва:

.

где  – ручная сварка.



Рис. Стык нижнего пояса

# Монтажный стык верхнего пояса

Монтажный стык верхнего пояса осуществляется с помощью фланцев на болтах, Торцы труб перед установкой фрезеруют. Соединительные угловые швы назначают минимальной толщины. Расчет стыка не производят.



Рис. Монтажный стык верхнего пояса



### Рис. К расчету опорного ребра

Опорная реакция  воспринимается опорным фланцем. Проверка опорного фланца на смятие

.

**Расчёт подкрановой балки**

**Исходные данные**

Длина пролёта L=24 м

Шаг колонн l=6 м

Грузоподъёмность крана Q=1000/200

Материал конструкции – сталь ВСт 3 Гпс5–1

Ry=230 Мпа

Габариты крана приведены в таблице.

## Таблица – Ведомость габаритов крана

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| грузоподъёмность | | Основные размеры. м. | | | мах. сила вертик. давл. | Сила тяжести | |
| главного  крюка | вспом.  крюка | пролёт  Lк | ширина  В2 | база  К | Fк, кН | тележки | крана |
| 1000 | 200 | 28,5 | 9,35 | 4,6 | 450 | 410 | 1450 |

Рис. Схема нагрузок от двух сближенных кранов



**Определение нагрузок**

#### Расчётная вертикальная сила давления на колеса



γf – коэффициент надёжности по нагрузке

γn – коэффициент надёжности по назначению

kd – коэффициент динамичности зависящий от режима работы крана

nc – коэффициент сочетания

Расчётная тормозная сила от одного колеса



Определение расчётных усилий





Расчётные моменты:



α – коэффициент учитывающий собственную массу и нагрузку на тормозных площадках



Расчётные поперечные силы:



**Подбор сечения подкрановой балки**

Определяем Wх.тр, с учётом ослабления верхнего пояса отверстиями для крепления рельса



Определяем hmin из условия требуемой жёсткости и hopt с γf=1,1



Принимаем h=90 см

hw=900 – 40=860 мм

Требуемая толщина стенки из условия прочности на срез:



Требуемая толщина стенки из условия обеспечения местной устойчивости:



Е=2,06∙105 МПа – модуль упругости стали

Принимаем из условия прочности tw= 8 мм

Принимаем предварительно стенку балки 860х8

Аw=86∙0,8=68,8 см2

Определяем требуемую площадь сечения поясов



Учитывая воздействие боковых сил сечения поясов, принимаем несколько большую площадь. По конструктивным требованиям bfв>400 – из условия крепления кранового рельса накладками.

Принимаем bf = 420 мм и tf = 16 мм. Тогда Аfв=Аfн=67,2 см2

Проверка местной устойчивости стенки сжатого пояса

→местная устойчивость сжатого пояса обеспечена

Тормозную балку конструируем из 24 и листа стали tтб=6 мм и bтб=1250 мм

### Рис. Сечение подкрановой и тормозной балок

b=(b0+λ) – (Δ 1 +Δ 2 +bf/2)+Δ3=(500+1000) – (50+20+210)+30=1250 мм

**Определяем геометрические размеры принятого сечения**

Момент инерции сечения балки нетто (с отверстиями в верхнем сжатом поясе 2d2,5



Момент сопротивления симметричного сечения



Определяем положение центра тяжести тормозной балки относительно оси подкрановой балки:



Момент инерции сечения тормозной балки нетто относительно оси



Момент сопротивления правой грани верхнего пояса балки



Статический момент полусечения



**Проверка прочности**



По нормальным напряжениям в нижнем поясе



По касательным напряжениям



По напряжениям местного смятия стенки



Исходя из результатов проверок прочность принятого сечения обеспечена.

**Проверка жёсткости и устойчивости**

Определяем прогиб балки



Жёсткость подобранного сечения обеспечена.

Общая устойчивость подкрановой балки обеспечена тормозной конструкцией и не проверяется.

**Проверка местной устойчивости стенки подкрановой балки**

#### Определяем условную гибкость стенки

устойчивость стенки нужно проверять

а – расстояние между рёбрами жёсткости



Принимаем а=1,5 м (кратно l=6 м)

Размеры отсека стенки 

Принимаем подкрановую балку с двухсторонними поясными швами и двухсторонними основными поперечными рёбрами жёсткости



Принимаем 

Толщина ребра равна: 

Принимаем 

Проверяем устойчивость крайнего и среднего отсеков.

##### **Проверка устойчивости среднего отсека**



Изгибающие моменты



Рис. К проверке среднего отсека

Поперечные силы



Определяем напряжения



Определяем критические напряжения для отсека 1,5х 0,868

Соотношение размеров отсека 

Соотношение 

Коэффициент защемления стенки равен: 





Устойчивость стенки проверяем по формуле



Устойчивость стенки при действии максимальных напряжений обеспечена

##### **Проверка устойчивости крайнего отсека**

Рис. К проверке устойчивости крайнего отсека



Изгибающие моменты



Поперечная сила



Определяем напряжения



Устойчивость стенки проверяем по формуле



Устойчивость стенки при действии максимальных напряжений обеспечена

###### **Расчёт опорного ребра**

Для передачи опорного давления балки на колонну устанавливают торцевую диафрагму с фрезерованным торцом. Площадь строганного края опорного ребра определяют из условия смятия.

, где

Rр – расчётное сопротивление стали смятию.

Рис. Опорное ребро

Конструктивно 

Принимаем 

Проверяем устойчивость опорной части относительно оси у



Момент инерции опорной части



Радиус инерции



Определяем 

Проверяем устойчивость опорной части балки по формуле

устойчивость опорной части обеспечена.

**Расчёт поясных швов**

Поясные швы приняты двухсторонними, т. к. на подкрановую балку действуют динамические нагрузки.

* по металлу шва



* по металлу границы сплавления



- сдвигающая сила

S – статический момент пояса

- сминающая сила

Назначаем поясные швы минимально возможной толщины при сварки листов 





Принимаем катет шва 

**Расчёт подкрановой балки на выносливость при **



 – расчётное сопротивление по временному сопротивлению стали

 – расчётное сопротивление усталостному разрушению

α – коэффициент учитывающий количество циклов загружения



→Выносливость балки обеспечена.

Расчет поперечной рамы с шарнирным прикреплением ригеля к колоннам

Здание однопролетное, отапливаемое с мостовыми кранами  среднего режима работы.

Пролет цеха – ;

Уровень головки кранового рельса – .

# Компоновка рамы

Основные величины:

– наименьшая отметка головки кранового рельса, которая задается из условия необходимой высоты подъема крюка над уровнем пола,

– расстояние от головки кранового рельса до низа несущих конструкций покрытия

, где

– вертикальный габарит крана;

– зазор, установленный по требованиям техники безопасности;

– размер, учитывающий прогиб конструкции покрытия

.

Окончательно  (кратно ).

Внутренний габарит цеха



Принимаем  (кратно ).



Высота верхней части стойки

, где

– из расчета подкрановой балки;

– высота кранового рельса КР‑120.

Высота нижней части стойки



Высота стойки рамы



Высота фермы на опоре

.

Высота покрытия от низа ригеля до конька кровли

.

Определяем размер элементов рамы по горизонтали , , .

Привязка наружной грани колонны к разбивочной оси , т.к. .

Ширина верхней части колонны

.

Необходимо, чтобы , имеем .

Ширина нижней части колонны

, где

, т.к. .

Условие необходимой жесткости колонны

 

Габарит безопасности движения крана

.

-условие свободного прохода крана обеспечивается.



Рис. Конструктивная схема рамы

**Нагрузки, действующие на раму**

# Постоянные нагрузки

 

Покрытие принято по стальным прогонам и профилированному настилу.

Таблица Сбор нагрузок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Вид нагрузки | Нормативная нагрузка, | Коэффициент надежности по нагрузке, | Расчетная нагрузка, |
| 1. | Защитный слой 15 мм из гравия, втопленного в мастику | 0,3 | 1,3 | 0,39 |
| 2. | Водоизоляционный ковер из трех слоев рубероида | 0,1 | 1,3 | 0,13 |
| 3. | Утеплитель 100 мм из плитного пенопласта () | 0,05 | 1,2 | 0,06 |
| 4. | Пароизоляция из одного слоя рубероида | 0,05 | 1,2 | 0,06 |
| 5. | Стальной профилированный настил | 0,155 | 1,05 | 0,16 |
| 6. | Стальной каркас комплексной панели | 0,13 | 1,05 | 0,14 |
| 7. | Стропильные фермы со связями | 0,2 | 1,05 | 0,21 |
| **Итого общая нагрузка** | | **0,985** |  | **1,15** |

Постоянная линейная нагрузка на ригель

, где

 – угол ската кровли.

Для покрытий промзданий принимается  из-за малости угла ската.

Расчетное давление на колонну от покрытия



Расчетный сосредоточенный момент в уровне уступа

, где

 – расстояние между осями надкрановой и подкрановой части колонны.

.



Рис. К расчету расстояния между осями колонны

# Нагрузки от стенового ограждения

Стены приняты из ребристых панелей толщиной 300 мм. Нагрузка от них передается на фундаментные балки и при расчете рамы не учитывается.

# Снеговая нагрузка

Снеговой район – IV.

 

 т.к.  т.е. 

Расчетная поверхностная снеговая нагрузка на покрытие



 т.к.  см. СНиП «Нагрузки и воздействия».

Расчетная линейная снеговая нагрузка на ригель

.

Расчетное давление на колонну от снеговой нагрузки

.

Расчетный сосредоточенный момент в уровне уступа

.

# Нагрузки от мостовых кранов

Вертикальное давление на среднюю колонну продольного ряда определяется от действия двух сближенных кранов  с помощью линий влияния опорного давления.



Рис. Нагрузки от мостовых кранов

Ординаты линий влияния



Пролет крана .

По ГОСТ на краны . Масса крана с тележкой , сила тяжести .

Нагрузка от подкрановых конструкций определяется приближенно.  площади пола.



Расчетное максимальное давление на колонну

, где

 – коэффициент сочетаний для двух кранов легкого и среднего режимов работы,

 – наибольшее давление колеса крана,

 – сумма ординат линии влияния опорного давления на колонну,

 – давление подкрановых конструкций.



Расчетное минимальное давление на колонну

Минимальное давление колеса крана на подкрановый путь



.

Крановые моменты

, где

 – эксцентриситет, принимаемый предварительно  – для крайних ступенчатых колонн.

.

# Горизонтальное давление от торможения крановой тележки

Горизонтальное давление от торможения крановой тележки действует поперек цеха и определяется по формуле

, где

.

Масса тележки , сила тяжести .

Число колес с одной стороны моста крана , для крана .



Сила поперечного торможения, передаваемая на колонну

.

Сила  приложена к раме в уровне верхнего пояса подкрановой балки, может действовать на одну или другую колонну, причем как вправо, так и влево. В курсовом проекте для упрощения расчета допускаем, что давление  передается в уровне уступа, т.е. в месте изменения сечения колонны.

# Ветровая нагрузка

Ветровой район – I. .Тип местности .

Расчетные погонные нагрузки на стойку рамы от активного давления и отсоса равны:





, , , .

Коэффициент  зависит от высоты и типа местности (см. п. 6.5 СНиП 2.01.07–85\*).

на отметке ;  на отметке ;

 на отметке .

Промежуточные значения определяем линейной интерполяцией. В уровне низа ригеля на отметке  ; в верха покрытия на отметке  .



Рис. Схема ветровой нагрузки на раму

*а – по нормам проектирования;*

*б – приведенная к эквивалентной;*

*в-расчетная схема*.

Расчетные погонные нагрузки от ветра на стойку рамы:

– на высоте до 

;

.

– на высоте до 

;

.

– в уровне ригеля на высоте 

;

.

– в уровне верха покрытия на высоте 

;

.

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

Момент в заделке стойки от ветрового напора





Эквивалентная равномерно распределенная ветровая нагрузка

;

.

Ветровая нагрузка, действующая на шатер: .









Таблица Нагрузки на элементы рамы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент  рамы | Вид нагрузки | Обозначение  нагрузки | Величина нагрузки |
| Ригель | Постоянная линейная от покрытия |  | 6,9 кН/м |
| Снеговая |  | 13,86 кН/м |
| Стойка | Опорное давление ригеля: | | |
| от постоянной нагрузки |  | 103,5 кН |
| от снеговой нагрузки |  | 207,9 кН |
| Вертикальное давление колес мостовых кранов: | | |
| максимальное |  | 2637 кН |
| минимальное |  | 615,3 кН |
| Сила поперечного торможения: |  | 46 кН |
| момент от |  | 1318,5 кН⋅м |
| момент от |  | 307,65 кН⋅м |
| Ветровая нагрузка: | | |
| активное давление |  | 1,44 кН/м |
| отсос |  | 1,08 кН/м |
| сосредоточенная сила |  | 10,85 кН |

**Расчетная схема**

Определяем соотношения моментов инерции , , при,, .

******







Принимаем: , , .

; .

Вычисляем погонные жесткости

; ; .

При расчете на нагрузки, приложенные к стойкам допускается принимать , если выполняется условие



.



### Рис. Расчетная схема

**Статический расчет**

Учитывая симметрию рамы и нагрузки, пренебрегаем горизонтальным смещением верхних узлов рамы.

Определяем изгибающие моменты в колоннах от действия моментов  и , как в отдельных несмещаемых стойках.



### Рис. Схема загружения рамы

**Постоянная линейная нагрузка от покрытия**

,

.

.













т.е. 





Рис. Эпюры  и  от постоянной нагрузки

**Снеговая нагрузка**



Эпюры  и  от снеговой нагрузки получаем умножением ординат эпюр от постоянной нагрузки на соотношение .



Рис. Эпюры  и  от снеговой нагрузки

# Расчет на нагрузки, приложенные к стойкам



Рис. Основная система

В расчете принято . Неизвестное смещение рамы определяем из уравнения



, где

 – смещающая горизонтальная сила.

Определяем моменты  от единичного смещения верхних узлов рамы .



Рис. Эпюра моментов от единичного смещения верхних узлов рамы

, где



. 





Эпюра  используется в расчете на крановые и ветровые нагрузки.

**Вертикальное давление кранов**

,  и крановые моменты , 

Определяем моменты  в стойках условно закрепленной рамы, когда  и  приложены к левой стойке,  и  к правой.

; .

Для левой стойки:

 ;







Для правой стойки:

 ;







Реакция  в дополнительной связи условно разделенной рамы:



Горизонтальная смещающая сила

, где

– коэффициент опорного действия, учитывающий пространственность системы.

Для кровли со стальным профилированным настилом при наличии мостовых кранов грузоподъемностью , .



Определяем смещение рамы в системе каркаса



Определяем значения моментов в стойках рамы  и строим эпюры  и .

Для левой стойки:

 ;

;

;

;

 .

Для правой стойки:

 ;

;

;

;

 .



Рис. Схема загружения и эпюры  и  от кранового давления , 

**Горизонтальное давление кранов  на раму**

Для упрощения расчета силу ****** принимаем действующей в уровне уступа левой колонны.

Определяем реакцию связи  и моменты в левой стойке  для условно закрепленной рамы.

******.

 при ; .

; ;

;

.

В правой стойке .

С учетом пространственной работы каркаса смещающая горизонтальная сила в уровне ригеля



Смещение рамы в системе каркаса



Определяем значения моментов в стойках рамы и строим эпюру.



Для левой стойки:

;

;

 .

Проверка .

Для правой стойки: 

;

;

.



Рис. Схема загружения и эпюры  и  от поперечного торможения

При изменении направления силы ****** знаки усилий меняются на обратные, поэтому в таблице усилий они вносятся со знаком ±. Продольными силами в стойках от воздействия силы ****** пренебрегаем.

# Ветровая нагрузка

Ветер слева.

Определяем значения моментов  и реакций в дополнительной связи условно закрепленной рамы.

; 

;



Реакция дополнительной связи

.

Считаем, что все рамы загружены одинаково и имеют равные смещения Δ. Из уравнения  определяем перемещение рамы.

.

Моменты :

Для левой стойки:

;

.

Для правой стойки:

;

.

Определяем значения моментов  и поперечных сил  от ветровой нагрузки. Строим эпюры  и .

Для левой стойки:

;

.

Для правой стойки:

;

.

Продольными силами от воздействия ветра пренебрегаем.

Поперечная сила в сечении 1–1 может быть определена как сумма опорных реакций

, где

– реакция в заделке левой стойки условно закрепленной рамы от активного давления ветра;

 – реакция от смещения рамы на Δ=1, равная .

; ;

;

;

;

.

правильность определения поперечных сил в заделках стоек можно проверить тождеством







Оценим погрешность вычислений .

Поперечные силы в сечении 3–3

;

.



Рис. Схема загружения и эпюры  и  от ветровой нагрузки

## Таблица Усилия в левой стойке рамы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  | Нагрузка | nc | Сечение 1–1 | | | Сечение 2–2 | | Сечение 3–3 | |
| M | N | Q | M | N | M | N |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 |  | постоянная | 1,0 | -3,8 | 104 | +1,5 | +17,5 | 104 | -8,4 | 104 |
| 2 | снеговая | 1,0  0,9 | -7,6  -6,8 | 207,9  187,1 | +3,1  +2,8 | +35,1  +31,6 | 207,9  187,1 | -16,7  -15 | 207,9  187,1 |
| 3 |  | крановое вертик. давление (тележка слева) | 1,0  0,9 | +21,3  +19,2 | 2637  2373 | -69  -62 | -941  -847 | 2637  2373 | +337,5  +303,7 | -  - |
| 3\* |  | крановое вертик. давление (тележка справа) | 1,0  0,9 | +218,8  +196,9 | 615,3  553,8 | -27,0  -24,3 | -158,9  -143 | 615,3  553,8 | +166,68  +150 | -  - |
| 4 |  | поперечн. торможение (сила прило – жена к левой стойке) | 1,0  0,9 | ±220,9  ±198,8 | -  - | ±24,4  ±22 | ±118,3  ±106,5 | -  - | ±118,3  ±106,5 | -  - |
| 4\* |  | поперечн. торможение (сила прило – жена к правой стойке) | 1,0  0,9 | ±73,9  ±66,5 | -  - | ±3,8  ±3,4 | ±20,9  ±18,8 | -  - | ±20,9  ±18,8 | -  - |
| 5 |  | ветровая нагрузка слева | 1,0  0,9 | -351,4  -316,3 | -  - | +32  +28,8 | +44,6  +40,1 | -  - | +44,6  +40,1 | -  - |
| 5\* |  | ветровая нагрузка справа | 1,0  0,9 | +331,4  +298,2 | -  - | -27,6  -24,8 | +52,7  +47,4 | -  - | +52,7  +47,4 | -  - |

Таблица Расчетные усилия для левой стойки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сочетания | Усилия | Нижняя часть стойки | | | | | Верхняя часть | |
| Сечение 1–1 | | | Сечение 2–2 | | Сечение 3–3 | |
| M | N | Q | M | N | M | N |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| Основные сочетания Ψn=1,0 |  | +327,6 | 104 | -26,1 | +70,2 | 104 | +447,4 | 104 |
|  | 1,5\* | | | 1,5\* | | 1,3,4 | |
|  | -355,2 | 104 | +33,5 | -1041,8 | 2741 | -36,2 | 104 |
|  | 1,5 | | | 1,3,4 | | 1,5 | |
|  | +238,4 | 2741 | -91,9 | - | - | - | - |
|  | 1,3,4 | | | - | | - | |
|  | -203,4 | 2741 | -43,1 | -1041,8 | 2741 | -25,1 | 311,9 |
|  | 1,3,4 | | | 1,3,4 | | 1,2 | |
| Основные сочетания Ψn=0,95 |  | +690,1 | 719,3 | -69,6 | +96,5 | 291,1 | +449,2 | 104 |
|  | 1,3\*, 4,5\* | | | 1,2,5\* | | 1,3,4,5\* | |
|  | -506,5 | 2664,1 | -50,9 | -895,9 | 2477 | +16,7 | 291,1 |
|  | 1,2,3,4,5 | | | 1,3,4,5 | | 1,2,5 | |
|  | +505,63 | 2664,1 | -60,5 | - | - | +160,9 | 291,1 |
|  | 1,2,3,4,5\* | | | - | | 1,2,3,4,5\* | |
|  | -506,5 | 2664,1 | -50,9 | -864,3 | 2664,1 | +16,7 | 291,1 |
|  | 1,2,3,4,5 | | | 1,2,3,4,5 | | 1,2,5 | |
|  |  | -355,2 | 104 | +33,5 | - | - | - | - |
|  | 1,5 | | | - | | - | |
|  |  | | | | | | |

**Расчёт одноступенчатой колонны однопролётного цеха**

**Исходные данные**

Колонна одноступенчатая со сплошной верхней и сквозной нижней частью. Сопряжение колонны с фундаментом жёсткое, с ригелем – шарнирное.

Материал ВСт 3 пс2, - для листа, - для фасона.

Геометрические размеры 

Расчётные усилия:

* для верхней части



* для нижней части





Расчётные длины участков колонны









В плоскости рамы 

Из плоскости рамы 

###### Расчёт надкрановой части колонны

Расчётные усилия 

Высота сечения 

Требуемая площадь



где - расчётная продольная сила

- расчётное сопротивление стали

 – высота сечения определенная при компоновке рамы



Приближённо определяем









Для сварных сечений рациональны стенки с , поэтому принимаем . В этом случае  и расчётную площадь включаем 



Принимаем полки 36 х 14 с .

Проверяем местную устойчивость

местная устойчивость стенки обеспечена.

Геометрические характеристики сечения:



* расчётная площадь



* моменты инерции



* момент сопротивления



* радиусы инерции



Проверяем устойчивость в плоскости рамы.

Определяем: 





 по таблице находим





При  по таблице находим 

Проверяем устойчивость



Проверяем устойчивость из плоскости рамы. Предварительно проверяем местную устойчивость стенки. Определяем краевые напряжения в стенке:



* растягивающие 







Местная устойчивость стенки обеспечена если

где 

Устойчивость стенки обеспечена поэтому при проверке устойчивости учитываем 

Определяем 

 где 

При  определяем 





где 

Гибкость стенки  необходимо устанавливать рёбра жёсткости.

Рёбра принимаем двухсторонние 

, принимаем 

Назначаем 

Рёбра жёсткости расстанавливаем через . Сварные швы, соединяющие стенку и полки, принимаем сплошные .

**Расчёт подкрановой части колонны**

**Расчёт ветвей подкрановой части**

Расчётные усилия 

Предварительно определяем:



Усилия в ветвях: 

Требуемая площадь ветвей 

Подкрановую ветвь принимаем из I 45 Б1



Наружную ветвь компонуем из 3‑х листов как составной швеллер, толщину его стенки и полок назначаем по требованию жёсткости.

Местная устойчивость стенки обеспечена, если:



Отсюда 

Принимается

* стенка из листа 450х10 с 

– полки 120х10 с 

Площадь наружной ветви равна: 

Местная устойчивость полок обеспечена если:



Геометрические характеристике наружной ветви:















Уточняем усилия в ветвях 

Гибкости и коэффициенты продольного изгиба







Проверяем устойчивость ветвей из плоскости рамы (относительно оси у)

* подкрановая



* наружная



Требуемая по условию равноустойчивости длина ветви:

* подкрановая



* наружная



Принимаем 







**Расчёт решётки**

Определим поперечную силу





Принимаем 

Определяем 





Принимаем ∟ 63х6 







Проверка устойчивости колонны в плоскости рамы как единого, сквозного стержня.

Геометрические характеристики











Проверка устойчивости при 





при 





**Расчёт узла сопряжения верхней и нижней частей колонны**

Расчётные усилия в сечении над уступом

1. 

2. 



###### Проверка прочности шва1

Рис. Конструктивное решение узла

Комбинация усилий №1

* слева



* справа



**Определение размеров траверсы**

Назначаем высоту траверсы , толщину подкрановой площадки .

Из формулы 

где 



принимаем 

**Расчёт швов 2 крепления ребра к траверсе**

Усилия в швах

-1 комбинация

-2 комбинация



где 







Сварка принимается полуавтоматическая, проволокой СВ08А . Расчёт выполнен по металлу шва

###### **Расчёт швов 3 крепления траверсы к подкрановой ветви**

Наибольшую нагрузку на швы 3 даёт комбинация усилий от нагрузок (сечение 3–3, над уступом)



Нагрузка на швы 

где 0,9 – коэффициент сочетания

Требуемая длина шва, если 



Из условия прочности стенки подкрановой ветви на срез в зоне швов 3





Рис. Сечение траверсы

- для I 45Б1

Принимаем 

**Проверка прочности траверсы как балки загруженной .**

Нижний пояс траверсы принимаем конструктивно 560х12, верхний пояс из двух горизонтальных рёбер 270х12.

Геометрические характеристики траверсы







Максимальный изгибающий момент в траверсе возникает при 

При загружении  во внутренней полке.







Максимальная поперечная сила в траверсе с учётом  возникает при загружении 1,2,3,4,5. 



1,2 – коэффициент учитывающий неравномерную передачу усилия  на два сечения.



**Расчёт и конструирование базы колонны**

Проектируем базу раздельного типа. Бетон фундамента класса В12,5 . Для расчёта базы принимаются комбинации усилий в нижнем сечении колонны (сечение 1–1), создающие наибольшее давление на базу каждой ветви:

* для подкрановой



* для наружной



Усилия в ветвях 

**База подкрановой ветви**

Требуемая площадь плиты:



По конструктивным соображениям , тогда 

Принимаем 



Принимаем конструктивно 

Напряжения в бетоне под плитой



Центр тяжести плиты совмещается с центром тяжести ветви. Траверсы базы крепят сварными швами к полкам ветви, они делят плиту на 3 участка. 1‑й и 2‑й консольные с вылетами соответственно:



3‑й опёрт по контуру. Его размеры 

Изгибающие моменты на отдельных участках





Требуемая толщина плиты:



Высоту траверсы определяем из условия размещения четырёх швов крепления траверс к ветви. Сварка полуавтоматическая проволокой СВ08А  .

Требуемая длина шва:



Принимаем 

Проверка прочности траверсы на изгиб и срез не требуется, т.к. вылет траверсы 5 см по отношению к высоте 50 см очень мал.

**База наружной ветви**

Требуемая площадь опорной плиты:



Принимаем 



Принимаем конструктивно 

Из условия симметричного расположения траверс относительно центра тяжести ветви на расстоянии между траверсами в свету 

При толщине траверсе 12 мм:



Размеры участков 3 и 4: длины участков одинаковые 

ширина участка 3 -, участка 4 

Участки 1 и 2 консольные, с вылетом . Участки 3 и 4 опёрты по контуру с соотношением сторон 

Напряжения в бетоне под плитой



Изгибающие моменты на отдельных участках



По наибольшему моменту в плите базы подкрановой ветви (участок 1) назначаем , траверсы принимаем .

**Расчёт анкерных болтов**

Расчётное сочетание в сечении 1 – 1



Наибольшее усилие растяжения



Требуемая площадь болтов нетто



Принимаем 4 анкерных болта типа IV  с 

# Список литературы

1. Методические указания по расчету поперечной рамы стального каркаса одноэтажного промздания для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» всех форм обучения. – КПИ 2005, 53 с.
2. Методические указания по расчету сварной подкрановой балки для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» всех форм обучения. – КПИ 2006, 44 с.
3. Методические указания по расчету стальной одноступенчатой колонны для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» всех форм обучения. – КПИ 2004, 57 с.
4. Методические указания по расчету ферм для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство» всех форм обучения. – КПИ 2004, 53 с.
5. СНиП 2.01.07–87. «Нагрузки и воздействия.» Стройиздат. 1987 г.
6. Мандриков А.П. Примеры расчета металлических конструкций: Учебное пособие для ВУЗов – М.; Стройиздат 1991– 431 с.