Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский Государственный Технический Университет им. И.И. Ползунова».

Факультет Заочный

Кафедра Строительных конструкций

**Курсовой проект**

**По дисциплине «Металлические конструкции, включая сварку»**

**Тема «Стальные конструкции рабочей площадки»**

**Содержание**

1. Исходные данные для проектирования
2. Расчетная часть

Список литературы

1. **Исходные данные для проектирования**

Размер рабочей площадки в плане: 9х24 м.

Сетка колонн: 4,5х12 м.

Технологическая нагрузка (равномерно распределенная): 12,5 .



Отметка верха настила: 9,6 м.

Класс бетона фундаментов: В12,5.

Район строительства: Тюмень.

1. **Расчетная часть**

Город Тюмень относится к климатическому району I2 по т. 50\* СНиП II-23-81\* «Стальные конструкции» подбираем марку стали С345 для настила по ГОСТ 27772-88.

Расчет настила.



**Рис.1 Схема опирания настила на балки настила**

Соотношение между шириной и толщиной настила можно определить из следующего неравенства:



где - длина пролета



- толщина настила



- цилиндрическая жесткость настила.



- модуль упругости стали



- коэффициент Пуассона - для стали.



Исходя из условий на проектирование, толщина настила принимается 10 мм.

Таким образом .



Так как число и шаг настилов должно быть целым числом, то принимаем .



Определим величину распора:



- коэффициент надежности по нагрузке



Подберем катет сварного шва по формулам:



по таблице 34 СНиП «Стальные конструкции»



-длина сварного шва.



-



R - временное сопротивление стали электродам.

Для электродов марки Э42



принимаем катет сварного шва 4 мм.



Расчет балки настила



**Рис 2. Схема расположения основной ячейки**

Для балок настила в климатическом районе I2 принимается сталь марки С345 с расчетным сопротивлением для толщины от 4 до 10 мм. На балку действует технологическая нагрузка и собственный вес стального настила. Суммарная нагрузка, действующая на одну балку настила распределена, на площади с габаритами , - длина балки настила, - шаг балок настила. Принимая плотность стали , величину технологической нагрузки , а также найденную нами ранее толщину листа настила найдем величину расчетной линейнораспределенной нагрузки.



**Рис 3. Расчетная схема балки настила**

Нормативная нагрузка на балку:



где - нормативная нагрузка на балку



- технологическая нагрузка.



- плотность стали.



- толщина настила



- шаг балок настила.



Расчетная нагрузка на балку:



где - расчетная нагрузка на балку.



- коэффициент надежности по нагрузке.



- коэффициент надежности по нагрузке для веса стальных конструкций.



Максимальные нормальные напряжения, возникающие в балке настила, не должны превышать расчетного сопротивления стали по пределу текучести с учетом коэффициента по условию работы.



где - расчетное сопротивление стали по пределу текучести .



- коэффициент условий работы.



- максимальный изгибающий момент.



- момент сопротивления сечения балки относительно оси Х.



Максимальный изгибающий момент в балке настила:



По таблице сортаментов двутавров ( ГОСТ 8239-72 «Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент» ) принимаем ближайший больший по моменту сопротивления двутавр.

Наиболее подходит двутавр с номером профиля №20



Рассчитаем прогиб балки настила.



Принятые характеристики балки настила удовлетворяют условия прогиба.

Расчет главной балки.

Сбор нагрузок и формирование расчетной схемы



**Рис 4. Определение грузовой площади**

Выбираем балку в середине так как она наиболее нагружена. Грузовая площадь с которой собираются все нагрузки и прикладываются как сосредоточенная сила F, показана на рис 4.

Нормативное значение сосредоточенной силы



Где - полезная технологическая нагрузка



(объем настила , соответствующий его площади в плане 1 плотность стали



-вес балки настила, равный произведению веса 1м.п. двутавра номер 20 на длину балки настила;



Расчетное значение сосредоточенной силы:



- коэффициент надежности по нагрузке для равномерно распределенных нагрузок = 1,2



- коэффициент надежности по нагрузке для веса стальных конструкций = 1,05.



- коэффициент надежности по ответственности = 0,95.



так как сосредоточенных нагрузок более 8 допускается заменить нагрузку эквивалентной равномернораспределенной



Построим эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.



Определяем сечение главной балки.

Марка стали принимается С345 с расчетным сопротивлением .



-максимальный изгибающий момент.



- требуемый момент сопротивления.



Компановка сечения начнем с назначения высоты, так как высота- это параметр от которого зависят все остальные размеры.

Назначение высоты балки.

Высота балки назначается исходя из анализа трех значений - оптимальная высота балки, которая обеспечивает наименьшую площадь сечения, а следовательно, и наименьший расход стали.



Оптимальная высота



- толщина стенки, вычисляется по эмпирической формуле



Вычисляется



Где - коэффициент, принимаемый для составных сварных балок 1,15-1,2.



Определяем минимальную высоту.



Принимаем высоту балки равной 84 см.

Строительная высота перекрытия не задана.

Назначаем толщину стенки.

Из условия прочности стенки в опорных сечениях ее толщина должна удовлетворять условию:



- высота стенки балки , приближенно



см.



расчетное сопротивление стали сдвигу



-предел текучести стали.=



- коэффициент надежности по материалу



Принимаем 6мм кратно 2.

Для обеспечения местной устойчивости толщина стенки должна удовлетворять условию:



Исходя из условий назначаем 8мм.

Назначение размеров поясов.



Принимаем 22 см .

Необходимая ширина пояса.

Определим требуемую площадь каждого пояса составной балки:



где Afтр – требуемая площадь сечения каждого пояса, см2.

Определяем величину свеса пояса.



Уточняем высоту стенки.



Определяем геометрические характеристики главной балки:



Выполняем проверку прочности по нормальным напряжениям:

МПа



Обеспечение устойчивости верхнего сжатого пояса.



Местная устойчивость обеспечена.

Изменение сечения балки по длине.

Сечение составной балки , подобранное по максимальному изгибающему моменту, можно уменьшить в местах снижения моментов.

Ширина пояса измененного сечения назначается исходя из расчета и с учетом конструктивных требований:



Определяем место изменения сечения.

см.



На расстоянии 2 м от опоры сосредоточенных сил нет.

Вычисляем изгибающий момент и поперечную силу в сечении:



Определим требуемый момент сопротивления измененного сечения:



Требуемая площадь пояса:



ширина пояса

см.



Исходя из вышеуказанных условий, принимаем



Вычисляем геометрические характеристики принятого сечения:



Выполняем проверку прочности стыкового сварного шва.



МПа.



Проверка выполнена.

Выполняем проверку прочности по касательным напряжениям в приопорном сечении.

Вычисление напряжений производится по формуле Журавского.



-статический момент полусечения



Условие выполняется.

Выполняем проверку на прочность по приведенным напряжениям в стенке в месте изменения сечения.

(301,5 МПа)



Проверка выполняется, сталь работает упруго.

Проверяем деформативность балки.

Проверяем балку по прогибам в середине пролета не должен превышать нормируемого значения , определяемого по СНиП «Нагрузки и воздействия.



Таким образом максимальный прогиб не превышает нормируемого значения, жесткость балки обеспечена.

Обеспечение общей устойчивости балки.

Устойчивость балки обеспечена если выполняется условие:



-расчетная длина балки в расчетах на общую устойчивость. В данном случае это расстояние между балками настила, которые закрепляют главную балку от перемещений из ее плоскости.



Условие выполняется.

Обеспечение общей устойчивости стенки балки.

Стенку укрепляют ребрами, расположенными перпендикулярно ее плоскости, тем самым увеличивая ее жесткость. Их установка обязательна если условная гибкость стенки больше значения 3,2.



Максимальное расстояние между ребрами не должно превышать 160 см.

Для удобства и обеспечения дополнительной жесткости, устанавливаем ребра под сосредоточенной нагрузкой.

Так как поперечные ребра устанавливаются под сосредоточенной нагрузкой можно исключить локальные напряжения.



Проверка на устойчивость стенки балки в пределах отсека при , выполняется по формуле:



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| δ | ≤ 0,8 | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 10,0 | ≥ 30 |
| ccr | 30,0 | 31,5 | 33,3 | 34,6 | 34,6 | 35,1 | 35,5 |

Где значение определяется в зависимости от геометрических параметров отсека.



Определение нормальных и касательных напряжений.

Отсек 1.



-меньшая из сторон отсека.



определяется в зависимости от



т



аким образом



Среднее касательное напряжение в стенке.



Критические касательные напряжения в стенке определяются:



- отношение большей стороны отсека к меньшей.



Проверяем условие устойчивости:

, что меньше чем



Неравенство выполняется следовательно устойчивость стенки в отсеке обеспечена.

Отсек 4



Определение нормальных и касательных напряжений.

X=360 см.



d- меньшая из сторон отсека.

определяется в зависимости от



Среднее касательное напряжение в стенке.



Критические касательные напряжения в стенке определяются:



- отношение большей стороны отсека к меньшей.



что меньше чем 0,9 следовательно устойчивость в отсеке обеспечена.

Определяем размеры ребра:

Ширина выступающей части ребра:



принимаем 70 мм. Толщина ребра:



принимаем 6 мм в соответствии с сортаментом прокатной стали.

Проектирование опорной части балки.

Примем опирание балки на колонну сверху через опорное ребро, привариваемое к торцу.

Вычисляем требуемую площадь опорного ребра:



опорная реакция балки. - расчетное сопротивление смятию торцевой поверхности при наличии пригонки.(СНиП «Стальные конструкции».



Назначаем ширину ребра равной ширине поясов



Тогда Принимаем равной 10 мм в соответствии с сортаментом прокатной стали. Выступающая вниз часть ребра не должна превышать . .проверяем местную устойчивость ребра:



Местная устойчивость ребра обеспечена.

Проверяем устойчивость опорной стойки из плоскости стенки балки:



По таблицу 72 СНиП «Стальные конструкции» определяем



Устойчивость обеспечена.

Назначаем катет двухсторонних угловых сварных швов крепления опорного ребра к стенке.

Принимаем полуавтоматическую сварку в нижнем положении сварочной проволокой Св-08Г2С в среде .



Для данной проволоки:



Требуемый катет швов:

По металлу шва:



По металлу границы сплавления:



По расчетному требованию катет составляет 3мм.

По конструктивным требованиям т.38 СНиП минимальный катет 5мм. Окончательно принимаем 5мм.

Сварные швы, крепящие ребро к поясам, принимаем конструктивно минимальными 6мм.

Расчет поясных сварных швов.

Поясные сварные швы препятствуют взаимному сдвигу поясов при изгибе балки и обеспечивают их совместную работу.

Сдвигающие усилие на единицу длины:



-статический момент пояса относительно нейтральной оси балки.



Так как отсутствуют сосредоточенные нагрузки через пояс балки в месте не укрепленном ребром жесткости, то поясные швы не испытывают дополнительного местного давления.

Поясные швы выполняют непрерывными по всей длине балки постоянного катета, который назначается по расчету в наиболее напряженном единичном отрезке длины. Их предпочтительнее выполнять автоматической сваркой в положении «в лодочку». Они могут быть односторонними или двухсторонними.



Принимаем автоматическую сварку сварочной проволокой СВ-1НМА под флюсом АН-47 в положении «в лодочку».



По металлу шва.



По таблице 38 СНиП минимальный катет сварного шва 7 мм.Поэтому принимаем 7мм.

Расчет укрупнительного стыка главной балки.

В стыках на высокопрочных болтах каждый пояс перекрывается тремя накладками, а стенка двумя. Площадь сечения которых должна быть не менее площади перекрываемых элементов. Применяются высокопрочные болты с контролем усилия натяжения. В таких соединениях передача усилия осуществляется за счет сил трения, которые возникают по поверхности соприкосновения от сильного прижатия деталей друг к другу. Для стыка принимаем высокопрочные болты 20мм.



Коэффициент трения



Несущая способность одного болта с учетом двух плоскостей трения.

кН.



Принимаем по 8 болтов с каждой стороны стыка и размещаем их в соответствии с конструктивными требованиями.



Пояс ослаблен четырьмя отверстиями:

<



Следовательно, расчет ведем по условной площади пояса:



МПа



Прочность поясов в месте укрупнительного стыка обеспечена. Принимаем толщины поясных накладок 10 мм. Тогда площадь наиболее напряженного сечения накладок, ближайшего к середине балки, с учетом ослабления четырьмя отверстиями:

<



Следовательно, расчет ведем по условной площади накладок



МПа



Прочность обеспечена.

Принимаем накладки толщиной 10 мм.

Момент воспринимаемый стенкой:



Принимаем расстояние между крайними по высоте рядами болтов:



Принимаем два вертикальных ряда (m=2) c каждой стороны стыка и шесть горизонтальных рядов с шагом 720/5=144мм. В сечении балки, где выполняется стык Q=0 , максимальное усилие в наиболее нагруженном болте:



Прочность стыка стенки обеспечена.



Расчет колонны.

В качестве материала для колонны используется материал сталь С345 с расчетным сопротивлением , рассчитываемая колонна является сквозной, составного сечения из двух швеллеров.



Расчетная схема колонны представляет собой балку на шарнирных опорах.

Расчетная схема колонны.

Определим расчетную нагрузку на колонну:



Геометрическая и расчетная длина колонны будут различные в разных направлениях.

Определим геометрическую длину колонны.



определим расчетную длину колонны:



Предварительно зададимся гибкостью колонны в зависимости от нагрузки.



Определяем коэффициент продольного изгиба в зависимости от гибкости и расчетного сопротивления стали (т. 72 СНиП)



Подбираем сечение стержня, рассчитывая его относительно оси х.

Определяем требуемую площадь сечения:



Определяем требуемый радиус инерции:



**Учитывая полученные результаты принимаем два швеллера №22**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  Профиля | h,мм | А, |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 | 220 | 26,7 | 8,89 | 2110 | 21 | 2,37 | 151 | 8,2 | 0,54 | 0,95 |

С учетом выбранного швеллера гибкость относительно оси х:



Коэффициент продольного изгиба



Проверяем устойчивость относительно оси х:



Недонапряжение составляет:



Расчет относительно свободной оси:

Определяем расстояние между ветвями колонны из условия равноустойчивости в двух плоскостях: . Принимаем гибкость ветви , а затем определяем требуемую гибкость относительно свободной оси у-у.



В соответствии с типом принятого сечения расстояние между ветвями



Определяется из выражения



Полученной гибкости соответствует радиус инерции:



Определяем расстояние между ветвями:



Полученное расстояние должно быть не менее двойной ширины полок швеллеров плюс зазор необходимый для оправки внутренних поверхностей стержня:



Принимаем расстояние между ветвями 300 мм.

Зазор между ветвями



Проверим сечение относительно свободной оси:



Радиус инерции сечения относительно свободной оси:



Гибкость стержня относительно свободной оси:



Приведенная гибкость колонны:



Устойчивость колонны относительно свободной оси:



Недонапряжение составляет



Окончательно принимаем:



Расчет планок

Устанавливаем размеры планки. Планки заводим на ветви на 50 мм.

Ширина планки: принимаем 24 см.



Высота планки:



Толщина планки:



Расстояние между планками: см.



Расчетная длина между планками:



Определяем расчетные усилия, действующие на одну планку:

Условная поперечная сила в колонне:



Поперечная сила и изгибающий момент, действующие на планку одной грани:



Принимаем приварку планок к полкам двутавров угловыми швами . Так как прочность угловых швов будет меньше прочности планки, то достаточно выполнить проверку прочности сварных швов. Присоединение планок осуществляется ручной сваркой электродами Э42.



Площадь и момент сопротивления сварного шва:



Напряжение в шве от момента и поперечной силы:



Равнодействующее напряжение:



Прочность конструкции обеспечена.

Расчет оголовка колонны.

Опирание балок на колонну принято сверху. Поэтому оголовок колонны состоит из плиты и ребер, поддерживающих плиту и передающих нагрузку на стержень колонны. Ребра оголовка приваривают к опорной плите и к ветвям колонны. Швы прикрепляющие ребро оголовка к плите, должны выдерживать полное давление на оголовок.

Определяем величину катета сварного шва по металлу шва:



По металлу границы сплавления:



Ввиду большой толщины сварного шва торец колонны и ребро необходимо фрезировать. В этом случае давление от балок будет передаваться непосредственно через опорную плиту на ребро оголовка, назначается конструктивно, принимаем .



Толщину опорной плиты принимаем конструктивно .



Высоту ребра оголовка определяем из условия требуемой длины швов, предающих нагрузку на стержень колонны. Принимаем .



По металлу шва:



По металлу границы сплавления:



Принимаем



Толщину ребра оголовка принимаем из условия сопротивления на смятие под полным опорным давлением:



где -длина сминаемой поверхности, равная ширине опорного ребра балки плюс две толщины плиты оголовка.



- расчетное сопротивление смятию торцевой поверхности.



Согласно сортаменту принимаем 1.2 см.

Проверяем ребро на срез:



назначаем толщину вспомогательных ребер 8 мм.

Проверяем на срез:



Рассчитываем сварные швы, соединяющие опорное ребро оголовка со вспомогательными:

По металлу шва:



- расчетная длина шва, принимаемая меньшей его полной длины на 10 мм.



По металлу границы сплавления:



Окончательно принимаем 7 мм.

Расчет базы колонны.

База является опорной частью колонны и предназначена для передачи усилия с колонны на фундамент. Конструкцию базы принимаем с траверсами. Траверса служит для более равномерного распределения усилий от колонны на плиту и увеличивает ее несущую способность.

Бетон фундамента класса В12,5, для которого призменная прочность .



Расчетную нагрузку на колонну определяют как сумму нагрузок: нагрузку на колонну и вес колонны



- коэффициент надежности по нагрузке.



Определяем требуемую площадь опорной плиты базы колонны:



Ширину плиты принимаем по конструктивным соображениям:



-расстояние между траверсами, высота сечения ветви=22 см.



- толщина траверсы, которая из конструктивных соображений принимается 10…16 мм, принимаем 15 мм.



- свободный выступ плиты за траверсу, принимаемый от 2 до 6 см.



Длина плиты:



Плита работает как пластинка на упругом основании, воспринимающая давление от ветвей, траверс и ребер.

Плиту рассчитывают как пластину, нагруженную снизу равномерно-распределенным давлением и опертую на элементы сечения стержня и базы колонны (траверсы, диафрагмы, ребра).



Напряжение под плитой:



В соответствии с принятой конструкцией базы плита имеет участки, опертые на четыре канта, на три канта и консольные.

Участок, опертый на четыре канта:

Отношение сторон



Коэффициент



Изгибающий момент равен:



Участок, опертый на три канта:



Изгибающий момент равен:



По максимальному моменту определяем толщину плиты.



в соответствии с сортаментом принимаем 22 мм.

Высоту траверсы находим по длине сварных швов, необходимых для прикрепления ее к стержню колонны. Прикрепление траверсы к колонне выполняем полуавтоматической сваркой сварочной проволокой СВ-08Г2С.

Расчетные характеристики:



Расчет ведем по металлу шва.

При 4-х вертикальных швах с катетом 5 мм высота траверсы составит:



Принимаем высоту траверсы 30 см.

Производим проверку траверсы на прочность. Траверса рассчитывается как однопролетная балка с консолями.



на максимальном участке:



Приварку торца ветвей колонны к опорной плите выполняем конструктивными швами 6 мм, так как эти швы в расчете не учитывались.

**Список литературы**

1. Беленя Е.И. Металлические конструкции.- М.: Стройиздат, 1986. –560 с.

2. Лихтарников Н.М. и др. Расчет стальных конструкций: Справочное пособие. –

К.:Будивельник, 1984. –368 с.

3. СНиП 2.01.07.85\*. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. –М., 1975 – 36с.

4. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования.- М., 1988 – 93 с.

5. Кикоть А.А. Расчет стальной сварной балки – АлтГТУ, Барнаул, 2005 50 с.