Санкт–Петербургский Государственный

Политехнический Университет

Кафедра Водохозяйственного и Ландшафтного строительства.

**Курсовая работа**

Дисциплина: **«Металлические конструкции»**

Тема: **«Проектирование технологической площадки промышленного здания»**

***Выполнил студент Котляр С.П. группы 4014/2 подпись\_\_\_\_\_\_***

***Руководитель Галямичев А.В. подпись \_\_\_\_\_\_***

***Дата***

Санкт-Петербург

2010 г

***Задание.***

*Настоящий проект рабочей площадки разработан в соответствии с заданием на проектирование и действующими СНиП.*

*Исходные данные для проектирования следующие:*

*- нормативная полезная нагрузка на рабочий настил – 1717 кгс/м2;*

*- размеры площадки в плане в осях – 60х20 м\*м;*

*- отметка рабочего настила – 16 м;*

*- материал – С255;*

*- характер опирания главной балки на колонну – верхнее с торцевым расположением опорного ребра;*

*- класс сооружения по степени ответственности – 1.*

*Площадка предназначена для размещения, обслуживания и ремонта производственного оборудования. Площадки такого типа представляют собой самостоятельные сооружения, встроенные в здание.*

***1. Компоновка балочной клетки.***

*Основными несущими элементами площадки являются фундаменты, колонны, главные балки, балки настила, настил. Настил устраивается по верхнему поясу балок настила, опирающихся на главные балки, которые в свою очередь опираются на колонны. Колонны через фундаменты передают нагрузку на грунт.*

*Балочная клетка (БК) – это система пересекающихся несущих балок, предназначенных для опирания рабочего настила.*

*Основные принципы компоновки балочной клетки:*

1. *Главные балки (ГБ) по направлению ориентируются вдоль большей стороны площадки. Для стальных конструкций длина главной балки l выбирается в пределах 9-24 м. В нашем курсовом проекте сужаем этот интервал до 12-24 м, еще и исключая крайние значения. Пролет главной балки должен быть таким, чтобы главная балка уложилась в длину площадки целое количество раз.*
2. *Балки настила (БН). Для стальных конструкций длина балок настила l1 выбирается в пределах 5-9 м. В проекте принимаем: 3,5 м < l1 < 6,5 м.. При компоновке балки настила должны укладываться вдоль короткой стороны целое число раз.*
3. *Пролет настила (Н). Значение пролета настила должно лежать в диапазоне 0,6 м < lн < 1,2 м. Пролет настила должен укладываться в длине главной балки целое количество раз.*

*Исходя из вышеперечисленного, принимаем такой вариант компоновки балочной клетки (рис. 1):*

*Рис. 1.1. Вариант компоновки балочной клетки (пролет балок настила 6 м)*

***2. Расчет стального настила***

*Несущий настил состоит из стального листа, приваренного к балкам настила по всей длине. Сварка полуавтоматическая. Лист может быть гладким или рифленым. Толщина стали от 6 до 16 мм.*

*Исходные данные:*

*l (пролет главной балки) = 1500 см;*

*l1 (пролет балки настила) = 500 см;*

*pн (нормативная полезная нагрузка на рабочий настил) = 1717 кгс/м2*

*Так как настил приваривается к балке с двух сторон, то любую балку рассматривать как неподвижную опору. Следовательно, возникает осевая растягивающая сила. Чем тоньше настил, тем больше на него влияет осевая растягивающая сила, тем ближе расчетная схема настила к мембране.*

*2.1. Переводим полезную нормативную нагрузку на рабочий настил в кг/см2:*

*pн = 1717 кгс/м2 = 0,1717 кгс/см2*

*2.2. По таблице принимаем δн = 0,9 см*

*2.3 Находим нормативную нагрузку только от собственного веса настила:*

*V= 1\*.1\*0,9 = 0,9 см3*

*ρ= 7,85 . 10-3 кг/ см3*

*gнн = ρ. V= 7,85 . 10-3 . 0,9 = 0,007065 кг/см2*

*2.4 Определяем полную нормативную нагрузку на полосу настила шириной 1 см:*

*qн = pн + gнн = 0,1717 + 0,007065 = 0,178765 кг/см2*

*2.5 Вычисляем значение К*

**

*2.6 Определяем предельную длину настила*

**

*2.7 Определяем длину настила lн по таблице в зависимости от длины главной балки:*

*lн =100 см*

*2.8 Определяем категорию настила.*

*настил средней толщины*

*2.9 Проверка по графикам сходится*

*2.10 Определение величины осевой растягивающей силы, действующей на 1 см ширины пластины:*

**

*2.11 Определение требуемого катета сварного шва.*

*Rwf=1850 кг/см*

*βf = 0,7*

**

*Принимаем минимально разрешенный катет по условиям производства работ:*

**

***3. Подбор сечения балки настила***

*Балка настила рассчитывается, как однопролетная шарнирная балка. Расчетная схема представлена на рис. 3.1.*

 *Рис. 3.1. Расчетная схема балки настила*

*3.1 Определение линейной нормативной нагрузки на балку настила.*

**

*gнн – собственный вес 1 см2 настила;*

*qвнн – приблизительный собственный вес 1 см балки настила.*

*3.2 Определение линейной расчетной нагрузки на балку настила.*

**

*3.3 Находим максимальный изгибающий момент балки настила:*

**

*3.4 Определение требуемого момента сопротивления балки настила:*

**

**

*Из сортамента ГОСТ 8239-89 выбираем двутавр №24*

**

*3.5 Определение линейной нормативной и линейной расчетной нагрузок на БН:*

**

*Определение линейной расчетной нагрузки на БН*

**

*3.6 Рассчитываем прочность:*

**

**

**

*Условие прочности согласно допустимому диапазону коэффициента К выполняется*

*3.7 Проверка балки настила выбранного сечения по жесткости:*

**

**

*Условие жесткости выполняется.*

***4. Расчет главной балки перекрытия***

*Главная балка рассчитывается, как однопролетная шарнирная балка. Нагрузочная и расчетные схемы представлены на рисунке.*

***4.1. Определение нормативной и расчетной линейных или погонных нагрузкок на главную балку***

*4.1.1. Полезная линейная нормативная погонная нагрузка:*

*Pн = pн . l1 , где pн – нормативная полезная нагрузка на рабочий настил [кг/м2]*

*Pн = 1717 кг/м2 . 5,0 м= 85,85 кг/м*

*4.1.2. Линейная нормативная нагрузка от собственного веса конструкций (вес настила + вес балок настила + приблизительный вес главной балки):*

**

*- нагрузка от собственного веса настил,*

*- нагрузка от собственного веса балки настила,*

*- величина, учитывающая собственный вес главной балки.*

**

*4.1.3. Полная нормативная погонная нагрузка на ГБ:*

**

*- линейная нормативная погонная нагрузка,*

*- линейная нормативная нагрузка от собственного веса конструкций.*

**

*4.1.4. Расчетная полная погонная нагрузка на ГБ:*

**

***4.2. Определение требуемого момента сопротивления Wx треб. ГБ:***

*Главная балка рассчитывается, как однопролетная шарнирная балка. Расчетная схема представлена на рис. 4.1.*



*Рис. 4.1. Расчетная схема главной балки*

* *

* *

***4.3. Подбор сечения ГБ.***

*Основные обозначения поперечного сечения (рис. 4.2)*

**

*4.3.1 Определение наименьшей высоты сечения балки hmin:*

**

*4.3.2 Определение оптимальной и рекомендованной высоты сечения балки.*

**

**

*По сортаменту листовой стали ГОСТ 19903-74 назначаем :*

  = 

**

*4.3.3 Определение толщины стенки  ГБ по трем условиям:*

*1) Для балки с высотой h=1-2м определение по зависимости из опыта проектирования:*

**

**

*2) По условию среза стенки на опоре:*

**

*= 1350 кг/см2 для Стали 255*

**

*3) Для обеспечения местной устойчивости стенка не должна быть слишком тонкой т.к. она может потерять местную устойчивость:*

* *

*По сортаменту листовой стали ГОСТ 19903-74 назначаем :*

*   *

*Принимаем толщину стенки: *

*4.3.4. Определение размеров пояса балки:*

**

*- требуемая площадь полки*

*по условию прочности.*

*Принимаем *

*Определяем толщину полки по двум условиям:*

*1) по условию прочности *

*- требуемая площадь полки по условию прочности*

*-ширина полки*

**

**

*2) по условию местной устойчивости*

**

*- ширина полки*

*- расчетное сопротивление*

**

*   *

*По сортаменту ГОСТ 82-70 принимаем толщину полки: 32 мм << 40 мм. Условие выполнено.*

*Проверка Аn = \*bn = 3,2 \*25 = 80(см2) >> Аnтреб = 79,286(см2).*

***4.4. Определение статических характеристик сечения ГБ:***



*Рис. 4.3. Габариты сечения главной балки*

*) *

*2) *

*3)*

*4) lx  = lx(ст) + lx(n) = σст \* hcn3 /12 + 2\*(bn\* σn3/12 + (bn\* σn)\*(hст + σn)/2) = 1,1\*(125)3/12 + 2\*(68,266 + 328704,8) = 836582,592 (см4)*

*5) *

***4.5. Проверка принятого сечения по I и II группам предельных состояний***

*4.5.1. По несущей способности:*

σ = Мmax/Wx < Rц\***

σ = 30929062,5/12733,37 = 2420 (кг/см2), k = 2420/2421 = 0,99



*Условие прочности выполняется.*

*4.5.2. По жесткости*

**

**

*1,64 см < 3,57 см*

*Условие жесткости выполняется.*

*4.6 Изменение сечения ГБ по длине:*

*Цель изменения сечения ГБ по длине – получить некоторую экономию металла. В однопролетной шарнирно-опертых балках с равномерно-распределенной нагрузкой по всей длине оптимальным является изменение сечения на 1/6 пролета l от пролета.*

*4.6.1 Момент и поперечная сила на расстоянии 1/6 l от опор:*

*Мизм = 0,56 \* Мmax = 0,56 \* 30929062,5 кг\*м = 17320275 кг\*м;*

*Qизм = 0,66 \* Qmax = 0,66 \* 82477,5 кг = 54435,15 кг.*

*4.6.2. Требуемый момент сопротивления измененного сечения:*

**

*4.6.3. Требуемый момент инерции измененного сечения:*

**

*4.6.4. Новое значение ширины полки:*

*1. Из условия прочности:*



*2. Из условия общей устойчивости в зоне изменения сечения:*

*≥ h/10 = 131,4/10 = 13,14 см.*

*3. Из условия удобства сопряжения широких и узких полос полок:*

*≥ bп/2 = 25/2 = 12,5 см.*

*4. Из условия удобства размещения опорных ребер жесткости:*

*≥ 18-20 см.*

*С учетом всех вышеперечисленных условий принимаем ширину полки равной 18 см.*



*Рис. 4.6. Габариты измененного сечения главной балки*

***4.7 Проверка прочности измененного сечения по IV теории ГБ:***

*В месте изменения сечения действуют как нормальные, так и касательные напряжения, причем наиболее неблагоприятным будет их совместное действие. Проверка проводится по приведенным напряжениям для точки К (см. рис. 4.7):*

**

*Рис.4.7. Напряжения в точке изменения сечения*

**









*Условие прочности выполняется*

***4.8. Проверка общей устойчивости главной балки***

*Проверка общей устойчивости производится по формуле:*







*Условие общей устойчивости выполняется.*

***4.9. Размещение ребер жесткости для обеспечения местной устойчивости***

*λw = hст \* (Ry / E)½ = 1113,64 \* 0,033 = 3,75 – условная гибкость стенки;*

*λw = hст / δст = 125/1,1 = 113,64 – обычная гибкость стенки;*

*λw  = 3,75 > 3,2, отсюда следует, что а < 2 λw*

*а < 2\*125 = 250 (см)*

*Для нашего курсового проекта выбираем а = lН = 100 (см).*

*bртр = hст / 30 + 40 мм = 125 / 30 + 40 = 81,66 мм.*

*Принимаем bр = 90 мм < 94мм, т.е. ребро не выходит за пределы верхнего пояса.*

*δртр = 2 \* bр \* (Ry / E)½ = 0,033 \* 2 \* 90 = 5,9 мм;*

*Принимаем δр = 8 мм.*



*Рис. 4.7. Схема расположения ребер жесткости*

***4.10. Расчет поясных сварных швов, крепящих полку ГБ к стенке:***

*Поясные швы – непрерывные с постоянным по длине балки катетом шва kf:*





*βf – коэффициент, учитывающий вид сварки;*

*Rwf – расчетное сопротивление срезу, зависящее от электрода, марки стали (для стали С255 и электродов Э42А Rwf = 1850 кг/см2);*

*Принимаем катет шва по конструктивному минимуму: kf = 4 мм, но слишком тонкий шов не проварит металл толстого элемента. Руководствуясь таблицей 38 СНиПа 5301-96 «Стальные конструкции», окончательно принимаем по толщине наиболее толстого из свариваемых элементов  Кf = 9 мм.*

***4.11. Расчет монтажного стыка на высокопрочных болтах***

*Необходимость монтажного стыка обусловлена большой длиной главной балки (превосходящей допустимую из условия транспортировки).*

*Стык принят на высокопрочных болтах, что допускает отсутствие на месте монтажа сложного и дорогостоящего сварочного оборудования и оборудования для проверки качества швов, высоко квалифицированного персонала, а также отличается большей скоростью монтажа по сравнению со сварочным стыком.*

*Стык расположен на расстоянии ⋲1/4 пролета L (см. рис. 4.9) по середине между ребрами жесткости, в зоне действия моментов 75% от Mmax.*

**

*Рис.4.9. Место расположения стыка*

*x = 3,5 м;*



*Условие: (0,8Mmax – 0,85 Mmax) не удовлетворяется, поэтому назначаем новое значение x = 4,5 м*



*Конструкция стыка на болтах представлена на рис. 4.9:*



*Используются высокопрочные болты марки 40х “Селект”. Болты работают только на растяжение. Принимаем диаметр болтов ∅22 мм (Ант = 3,03 см2). Диаметр отверстий под болты - ∅25 мм.*

*Стык рассчитывается в предположении, что полка воспринимает часть изгибающего момента и совсем не воспринимает поперечную силу. Стенка воспринимает оставшуюся часть изгибающего момента и всю поперечную силу:*

*Iст = δст \* hст3 / 12 = 1,1 \* 1253 / 12 = 179\*103  см4;*

*Мст = Мх \* Iст / Iх = 24743250,5 \* 179\*103 / 1768532,4= 2504870,496 кг\*см*

*Мп = Мх - Мст = 24743250,5 – 2504870,496 = 22238380 кг\*см*

*Определение размеров накладки по стенке:*

*δн.ст = δст – 2 мм = 11 – 2 = 9 мм.*

*Проверка прочности стыка. Определение внутренних усилий в накладках на стенку главной балки (см. рис. 4.10):*



*Рис. 4.10. Распределение внутренних усилий в накладках*

*по стенке под действием внешней нагрузки*

*где е – расстояние от болтов до центра болтового поля;*

*N – возникающие усилия.*

*NQ = Qx / nб  = 32991 / 24 = 1374,625 кг;*

*Nmax = Мст \* emax / Σ ei2 = 2504870,496 \* 55,187 / 4(3045,6 + 2043,04 + 1260,25 + 655,36 + 246,49 + 39, 06) = 4740, 74 кг.*



*Рис.4.11. Определение NΣ*

*NΣ = (NQ2 + Nmax2)1/2 = (1889593,9 + 22474648,965)1/2 = 4936,02 (кг)*

*где nтр – количество плоскостей трения (nтр = 2);*

*Qbh – несущая способность фрикционного соединения, стянутого одним болтом по одной плоскости трения.*

*Qbh = Rbh \* γb \* Ан \* μ / γh = 7700 \* 1 \* 3,03 \* 0,58 / 1,12 = 10415,625 кг;*

*где Rbh – расчетное сопротивление болта растяжению (Rbh = 0,7 \* Rbun = 0,7 \* 11\*107 = 7,7\*107 кг/м2);*

*γb – коэффициент, зависящий от количества болтов в соединении (nб > 10; γb = 1);*

*Ан – площадь нетто одного болта;*

*μ – коэффициент трения поверхности, зависящий от шероховатости (при дробеметной или дробеструйной металлизационной обработке цинком или алюминием μ = 0,58);*

*γh – коэффициент, зависящий от метода контроля затяжки болта (γh = 1,12).*

*NΣ = 5073 = 17.346,7 кг ≤ 10415,625\*2\*1 = 20831,25 кг.*

*Прочность стыка по стенке обеспечена.*

*Проектирование стыков по полкам. Определение внутренних усилий в накладках на стенку главной балки (см. рис. 4.12):*

*Размещение болтов по полке производится с выполнением следующих рекомендаций:*

*1. По длине балки шаг болтов принимается минимальным и составляет: 2,5\*d0;*

*2. Расстояние от краев до любого элемента составляет: 1,3\*d0;*

*3. Общее количество болтов nб пн по поясной накладке ( по одну сторону от стыка) принимается по расчету;*

*4. Количество рядов болтов поперек полки принимается 2 или 4 в зависимости от ширины полки;*



*Рис.4.12. Распределение внутренних усилий в накладках*

*по полкам под действием внешней нагрузки*

*В первом приближении полагаем, что δн.п = δп, тогда усилие, воспринимаемое поясной накладкой можно найти из простой расчетной схемы, разложив Mн на пару сил Nн , где*

*hн = h + δп = 131,4 + 3,2 = 134,6 (см), где*

*h – полная высота балки,*

*hн- плечо внутренней пары сил, тогда*

*Nн = Mп / hн = 22238380 / 134,6 = 165218,27 кг\*см;*

*Определение размеров накладки по полке:*

*Ан = Nн / (Ry \* γc) = 113.588,7 / (25\*106 \* 1) = 45,4\*10-4 м2;*

*δ требн.п = Ан / bп \* Rц= 165218,27 / 25\*2421 = 27,3 мм.*

*Принимаем по сортаменту ближайшее большее значение δн.п = 28 мм.*

*Определение требуемого количества болтов:*

*пб.п = Nн / (птр \* Qbh \* γc) = 165218,27 / (1 \* 10415,625 \* 1) = 16;*

*Принимаем количество болтов с одной стороны от стыка равным пб.п = 16.*

***4.12. Проектирование узла опирания балки настила на главную балку***

*Схема опирания – приложение 1 «Узел опирания балки настила на главную балку».*

*Принимаем диаметр болтов ⌀22 мм. Диаметр отверстий под болты ⌀25 мм. Класс точности болтов – В, класс прочности – 5.8 (Rср = 2000 кг/см2, Rсм = 4350 кг/см2).*

*Несущая способность одного болта определяется меньшим значением из следующих 2 формул:*

*Nср= π \* dб2 / 4 \* Rср = 3,14 \* 0,0222 / 4 \* 2\*107 = 7600 кг;*

*Nсм= dб \* δmin \* Rсм = 6699 кг.*

*δmin  = dБН = 7мм*

*Требуемое количество болтов определяется по формуле:*

*пб = N / (Nmin \* γb \* γc) = 5017,2 \*1,2/ 1 \* 6699 \* 1= 0,9;*

*где N – опорная реакция балки настила;*

*γb – коэффициент условия работы болтового соединения (γb = 0,9).*

*Принимаем количество болтов равным пб = 2.*

*Проверка выбранного решения на возможное защемление болта:*

*Условие незащемляемости болта:*

*Δ < 2 мм, где Δ – фактическое линейное перемещение крайнего болта, определяемое по формуле:*

*Δ = 1,6 \* (fmax/l1) \* (nб – 1) \* a = 1,6\*(0,71477/500)\*(2-1)\*15 = 0,034 мм < 2 мм*

*Условие незащемляемости выполняется.*

***4.13. Конструирование и расчет опорного узла Главной Балки:***

*Опирание главной балки на колонну – верхнее с торцевым расположением опорного ребра, смотреть приложение 2 «Узел опирания главной балки на колонну».*

*Такой вариант более предпочтительнее, так как дает более меньший эксцентриситет при неравномерной нагрузки на балки, опирающиеся на колонну:*

*Определение габаритов условного таврового сечения:*

*bор = bпизм = 180 мм;*

*S = 0,65 \* δст \* (E / Ry)½ = 0,22 м;*

*δор = N / (bор \* Rсм) = 82477,5/ (2 \* 9 \* 3550) = 14 мм.*

*Принимаем δор = 14 мм.*

*Проверка устойчивости условного таврового элемента:*

*lр = μ \* hст = 1 \* 1,4 = 1,4 м;*

*Аt = 2 \* (bор \* δор + δст \* (S + δор /2)) = 2 \* (9 \* 1,4 + 1,1 \* (22 + 1,4/2)) \* 0,226 = 75,14см2;*

*It = (bор3 \* δор + S \* δст3) / 12 = 817,7986 см4;*

*r = (It / Аt)½ = 3,299 см;*

*λ = lр / r = 1,4 / 0,042 = 33,2;*

*ϕ = 0,9 (табл. 72 СНиП);*

*σ = N / (ϕ \* А) ≤ Ry \* γc;*

*σ = 82477,5 / (0,9 \* 75,14) = 1219,61 кг/см2 ≤ 2421 кг/см2.*

*Условие прочности выполняется.*

*Проверка прочности сварного шва:*

*lw = hст – 2Δ – 10мм = 1400 – 2\*60 – 10 = 112 см;*

*где lw – длина сварного шва;*

*Δ – расстояние от полок главной балки до сварного шва.*

*kfтр = 1,2 \* δmin = 1,2 \* 11 = 13,2 мм = 1,32 см*

*Принимаем катет сварного шва равным kf = 14 мм.*

*σ = N / (2 \* βf \* kf \* lw) ≤ Rwf \* γc;*

*σ = 824755,5 / (2 \* 112 \* 1,5 \* 0,7) = 175,34 кг/см2 ≤ 1850 кг/см2.*

*Условие прочности выполняется.*