МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пермский государственный технический университет

Строительный факультет

Кафедра строительных конструкций

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К курсовому проекту на тему "Зерносклад"

Выполнил гр. ПГС07

Вахрушев К.Н.

Руководитель

Осетрин А.В.

###### г. Пермь 2010

**Расчет утепленной плиты покрытия**

**Исходные данные**

Запроектировать утепленную плиту для покрытия зерносклада. Условия эксплуатации здания нормальные. Круговая арка. Кровля трехслойная рубероидная на битумной мастике. Первый слой рубероида наклеивается на заводе с применением мастик повышенной теплостойкости.

Оставшиеся 2 слоя наклеиваются после монтажа плит. Район строительства зерносклада - г. Чусовой. Класс ответственности здания II, коэффициент надежности по назначению  Шаг несущих конструкций – 4.0м.

На основе анализа исходных данных и учитывая назначение здания выбираем тип плиты: Каркас из древесины сосны 2-ого сорта. Обшивки из асбестоцемента. Средний слой панели – утеплитель пенопласт ПС-1объемной массой 0,3 кН/м3. Толщина утеплителя – 60мм. Пароизоляция в клеефанерных плитах – окрасочная по наружной стороне нижней обшивки. Окраска производится пентафталевыми эмалями типа ПФ – 115 за 2 раза.

**Компоновка плиты**

Плиты покрытия укладываются непосредственно по несущим конструкциям, соответственно, длина плиты с учетом припусков при изготовлении – 3.98 м. Ширина плиты принимается равной ширине стандартного листа фанеры (1525х1525) с учетом обрезки кромок – 1,48м.

Направление волокон наружных слоев фанеры следует располагать вдоль плиты. Толщину нижней растянутой обшивки принимаем – 8 мм., верхней сжатой обшивки – 12 мм, что обусловлено большой снеговой нагрузкой. Обшивки приклеиваются к деревянному каркасу на клее ФСФ – 50. Высоту плиты ориентировочно назначаем:  принимаем высоту плиты: 

Проектируем продольные ребра из досок сечением 60х155мм, длиной 4.0 м, с размерами после острожки: **60х150 мм.** Шаг продольных ребер назначается из расчета верхней фанерной обшивки на местный изгиб поперек волокон от сосредоточенной силы  (вес человека с инструментом), как балки защемленной по концам у ребер.



где - момент от сосредоточенной силы ,

- расстояние между продольными ребрами по осям.

 - момент сопротивления фанерной обшивки шириной 1м.

- расчетное сопротивление фанеры изгибу из плоскости листа поперек волокон наружных слоев (т.10(2)).

 - коэффициент условий работы для монтажной нагрузки.

Подставляя в формулу известные значения величин и преобразуя выражение, получим предельное расстояние между ребрами:

;

Таким образом можно поставить три продольных ребра по ширине сечения плиты, при этом 

Поперечные ребра принимаем из цельных досок сечением: 60х150мм (до острожки 60х155мм) и ставим в торцах панели и под стыками фанерных обшивок. Вентиляция в плитах осуществляется вдоль плит через вентиляционные отверстия в поперечных ребрах.



**Сбор нагрузок на плиту (Н/м2)**

Сбор нагрузок выполняем в табличной форме:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N  п/п | Наименование нагрузки | Единицы  измерения | Нормативная  нагрузка | γf | Расчетная  нагрузка |
| I | Постоянные: |  |  |  |  |
| 1 | Кровля рубероидная трехслойная | Н/м2 | 150 | 1,3 | 195 |
| 2 | Собственный вес продольных ребер: | Н/м2 | 91,22 | 1,1 | 100,34 |
| 3 | Собственный вес поперечных ребер: | Н/м2 | 45,20 | 1,1 | 49,72 |
| 4 | Верхняя и нижняя обшивки из фанеры ФСФ: | Н/м2 | 126 | 1,1 | 138,6 |
| 5 | Утеплитель: пенопласт  ПС-1 | Н/м2 | 18 | 1,2 | 21,6 |
| ИТОГО: qпокр | | Н/м2 | 430,42 |  | 505,26 |
| II | Временные: | Н/м2 | 2841,3 | 0,7 | 4059 |
| 6 | Снеговая  для 3-го снегового района.    прил.3сх.2. |
| 7 | Ветровая | Н/м2 | 137,97 | 1,4 | 193,16 |
| ВСЕГО qпост | | кН/м2 | 3409,69 |  | 4757,42 |

**Снеговая нагрузка**

Чусовой - III снеговой район.



1,24



**Ветровая нагрузка**

**Рассматриваем местность тип В** – городские территории, лесные массивы и другие местности равномерно покрытые препятствиями.

Обозначения:

i – участок с однозначной эпюрой h1, h2, h3, h4.

j – участок осреднения.







|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УЧАСТОК | | | | | | | |
| = 1 | | = 2 | | = 3 | | = 4 | |
| 5 | 1 | 10 | 2 | 20 | 3 | 40 | 4 |
| 0,5 | 0 | 0,65 | 0,03 | 0,85 | 0,02 | 1,1 | 0,0125 |

#### Ветровую нагрузку находим на двух участках

1 участок - ; 

#### 2 участок -

#### На каждом участке находим средний коэффициент:



где,  - коэффициент k из табл. 6 СНиП "Нагрузки и воздействия"

- протяженность участка с однозначной эпюрой на определенном участке.

 - тангенс угла наклона эпюры ветрового давления на участке с однозначной эпюрой.















Расчетное значение ветровой нагрузки.

Чусовой – II ветровой район ⇒W0 = 0,3

Се – аэродинамический коэффициент по приложению СНиП в зависимости от конфигурации здания.

Се1 = +0,7; Се2 = -1,2; Се = -0,4;

γf – коэффициент надежности по нагрузке. γf = 1,4

****

****

****

Полные погонные нагрузки (при )

Нормативная:

Расчетная: 

**Статический расчет**

Ширина площадки опирания на верхний пояс несущей конструкции 6см., расчетный пролет плиты: . Плита рассчитывается как балка на 2-х опорах.

Расчетный изгибаемый момент: 

Поперечная сила: 

**Геометрические характеристики сечения**

Расчет клеефанерных конструкций выполняется по методу приведенного поперечного сечения в соответствии с п.4.25 СНиП II-25-80.

Расчетная ширина фанерных обшивок при

 (

,

где: b – полная ширина сечения плиты, l – длина плиты,  - расстояние между продольными ребрами по осям.

Геометрические характеристики плиты приводим к фанере с помощью коэффициента приведения:

Приведенная площадь поперечного сечения:



Приведенный статический момент поперечного сечения плиты относительно нижней грани:



Расстояние от нижней грани до нейтральной оси сечения плиты:



Расстояние от нейтральной оси до верхней грани плиты:



Приведенный момент инерции плиты (без учета собственных моментов инерции обшивок):



Приведенные моменты сопротивления плиты:

 

**Конструктивный расчет**

Напряжения в нижней растянутой обшивке:



0,6 – коэффициент, учитывающий снижение расчетного сопротивления фанеры марки ФСФ в растянутом стыке при соединении "на ус".

Расчет на устойчивость верхней сжатой обшивки



с – расстояние между продольными ребрами в свету ( и толщине верхней обшивке 

, тогда 

Напряжения в сжатой обшивке:



Максимальные сжимающие напряжения в ребре деревянного каркаса:



Устойчивость верхней обшивки обеспечена. Проверку верхней обшивки на местный изгиб не производим, т.к. при компоновке сечения расстояние между продольными ребрами принималось из условия обеспечения прочности обшивки от действия временной сосредоточенной нагрузки 1200Н.



Расчет на скалывание по клеевому шву фанерной обшивки в пределах ширины продольных ребер:





- приведенный статический момент верхней обшивки относительно нейтральной оси.

Касательные напряжения:



Относительный прогиб плиты от нормативных нагрузок:





0,7 – согласно СНиП II –25 –80 п.4.34.

ВЫВОД: Подобранное сечение удовлетворяет условиям прочности и жесткости.

**Расчет несущих конструкций**

**Сбор нагрузок**

1. **Нагрузка от собственной массы несущей конструкции**

,

где:  - нормативная нагрузка от собственно массы покрытия, (кН/м2)

- нормативная снеговая нагрузка на покрытие, (кН/м2)

- полезная нагрузка на покрытие, включая вес подвесного оборудования, (кН/м2)

- коэффициент собственной массы несущей конструкции.

- пролет несущей конструкции.

;;

; - для арок.



Стальные связи:

, , 

Погонная постоянная расчетная нагрузка:

B – шаг арок 





1. **Снеговая нагрузка**

**, **



1 Вариант:, 

2 Вариант: , .

3 Вариант: .



Расчетное значение снеговой нагрузки:

,,

, .

где (г. Чусовой– III снеговой район)

Погонная снеговая расчетная нагрузка:

B – шаг арок 

1 Вариант:

, 

2 Вариант:

, .

3 Вариант:

.

1. **Ветровая нагрузка**

, 

аэродинамический коэффициент по приложению СНиП в зависимости от конфигурации здания.



- расчетное значение ветровой нагрузки.

- коэффициент надежности по нагрузке.

- нормативное значение ветрового давления

( II – ой ветровой район).

 - для наветренной стороны.

 - для подветренной стороны.

k – коэффициент, учитывающий высоту арки над поверхностью земли.

**Рассматриваем местность тип В** – городские территории, лесные массивы и другие местности равномерно покрытые препятствиями.

Обозначения:

i – участок с однозначной эпюрой h1, h2, h3, h4.

j – участок осреднения.







|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УЧАСТОК | | | | | | | |
| = 1 | | = 2 | | = 3 | | = 4 | |
| 5 | 1 | 10 | 2 | 20 | 3 | 40 | 4 |
| 0,5 | 0 | 0,65 | 0,03 | 0,85 | 0,02 | 1,1 | 0,0125 |

#### Ветровую нагрузку находим на двух участках

1 участок - ; 

2 участок - 

#### На каждом участке находим средний коэффициент:



где,  - коэффициент k из табл. 6 СНиП "Нагрузки и воздействия"

- протяженность участка с однозначной эпюрой на определенном участке.

 - тангенс угла наклона эпюры ветрового давления на участке с однозначной эпюрой.

1 участок

:







2 участок:







Расчетное значение ветровой нагрузки на 2-х участках.

Чусовой – II ветровой район ⇒W0 = 0,3

Се – аэродинамический коэффициент по приложению СНиП в зависимости от конфигурации здания.

Се1 = +0,7; Се2 = -1,2; Се = -0,4;

γf – коэффициент надежности по нагрузке. γf = 1,4

1 участок:

- наветренная сторона.

****

- подветренная сторона.

****

2 участок:

- наветренная сторона.

****

- подветренная сторона.

****

3 участок:

- наветренная сторона.

****

- подветренная сторона.

****

4 участок:

- наветренная сторона.

****

- подветренная сторона.

****

5 участок:

- подветренная сторона.

****

Погонная ветровая нагрузка:

1 участок:

* наветренная сторона: 
* подветренная сторона: 

2 участок:

* наветренная сторона: 
* подветренная сторона: 

3 участок:

* наветренная сторона: 
* подветренная сторона: 

4 участок:

* наветренная сторона: 
* подветренная сторона: 

5 участок:

* подветренная сторона: 



При сборе нагрузок в программном комплексе Лира

,

где: S-длина дуги арки, L – пролет арки.

, ,

.

Сечение примем 300х1800мм: ,



**Конструктивный расчет арки**

Из таблицы усилий в элементах выбираем наибольшее сочетание.

,

,

.

Подбор сечения арки:

Принимаем ширину сечения: , высота сечения: из 40 досок по 33мм. .







Радиусы инерции сечения:



Расчетная длина полуарки:



**Проверка прочности**

Расчет на прочность сжато – изгибаемых элементов производим по формуле 28 (1):



,

,

.

- изгибаемый момент от действия продольных и поперечных нагрузок.

,  (формула 30 (1)).

- усилие в коньке арки.

- коэффициент продольного изгиба.

 (формула 8 (1))

А = 3000 – для древесины.





 - т.5 (1) в зависимости от условий эксплуатации (Б2)

- т.7 (1) учитывает высоту сечения >120см.

величину  - т.6 (1), в расчет не вводим т.к. ветровую нагрузку не учитываем.







Проверка прочности выполняется**.**

**Проверка устойчивости**

Расчет на устойчивость плоской формы деформирования сжато – изгибаемых элементов производим по формуле 33(1):



n = 1- для элементов, имеющих закрепления растянутой зоны из плоскости деформирования.

 - коэффициент продольного изгиба.

- коэффициент определяемый по формуле 23(1).

Расчет ведем только на отрицательный момент.

При  сжатые волокна внизу, растянутые вверху, растянутая грань раскреплена от выпучивания плитами покрытия и связью, сжатая грань раскреплена связями.

В связи с тем, что высота здания большая: 30м., то одного раскрепления недостаточно  делаем несколько раскреплений, тем самым уменьшая , получаем что  .

,,

.



- коэффициент продольного изгиба.

(формула23(1).)

Т.к. сжатая кромка раскреплена, то в расчет вводим коэффициенты kПМ, kПN.

 (формула 34(1))

(формула 24(1))

где: - центральный угол в радианах, определяющий участок .()

- число промежуточных подкреплений; т.к. у нас 4 промежуточных закрепления, то: .









Устойчивость обеспечена.

**Расчет опорных узлов. (1 вариант)**

Расчетные усилия: N=-232,77 кН; Q=94,394 кН

Так, как пролет арки 60 м (>18 м), то конструктивно узел решается в виде классического плиточного шарнира.

Определим высоту плиточного шарнира:



N - продольное усилие в опорном узле

b =30 см– ширина плиточного шарнира

Rстсм =1,66 кН – расчетное сопротивление стали смятию для стали С 245

Конструктивно принимаем hш = 10 см.

Принимаем диаметр болтов dб=24 мм, тогда по п. 5.18



Принимаем размеры накладок 500 х 510 мм, толщина листа башмака 16 мм.

Стальные башмаки опорного узла крепятся к арке 8 болтами *d* = 24 мм.

Равнодействующее усилие в наиболее нагруженном болте:

,

где*Mб* = Q·e = 94,394·0,325 = 30,68 кНм.

*e=*0,325 *–* расстояние от центра тяжести шарнира до центра тяжести болтов башмака;

*zi* – расстояние между болтами в направлении перпендикулярном оси элемента;

*nб –* число болтов в крайнем ряду по горизонтали;

*mб* – общее число болтов в накладке.

*Zmax* – максимальное расстояние между болтами в направлении перпендикулярном оси элемента;





Несущая способность одного болта *Tб*: определяется как минимальная несущая способность на 1 шов сплачивания:

(т.17(1))





Несущая способность болтового соединения обеспечена.

Т.к. арка в опорном узле опирается неполным сечением через стальные башмаки и древесина испытывает смятие, то необходимо проверить условие:



- расчетное сопротивление древесины смятию под углом к волокнам.

KN – коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений под кромками башмаков. KN=0,9 –смятие поперек волокон.

Fсм=30ּ50=1500 см2 – площадь смятия под башмаком.



232,77/1500 = 0,155 кН/см2 <1,29 ּ0,9 = 1,161 кН/см2

Прочность на смятие обеспечена.

Проверка опорного узла на скалывание по клеевому шву:

,

, .



Прочность на скалывание обеспечена.

**Расчет опорных узлов.**  **(2 вариант)**

Расчетные усилия: N=-232.77 кН; Q=94.394 кН

Так, как пролет арки 75 м (>18 м), конструктивно узел решаем в виде: валикового шарнира.

Определим высоту валикового шарнира:



N - продольное усилие в опорном узле

b =30 см– ширина плиточного шарнира

Rстсм =1,66 кН – расчетное сопротивление стали смятию для стали С 245

Конструктивно принимаем hш = 30 см.

Принимаем диаметр болтов dб=24 мм, тогда по п. 5.18



Принимаем накладки А – образной формы, толщина листа башмака 16 мм.

Стальные башмаки опорного узла крепятся к арке 10 болтами *d* = 24 мм.



Равнодействующее усилие в наиболее нагруженном болте:

,

где*Mб* = Q·e = 94,394·0,490 = 46,25 кНм.

*e=*0,490 *–* расстояние от центра тяжести шарнира до центра тяжести болтов башмака;

*zi* – расстояние между болтами в направлении перпендикулярном оси элемента;

*nб –* число болтов в крайнем ряду по горизонтали;

*mб* – общее число болтов в накладке.

*Zmax* – максимальное расстояние между болтами в направлении перпендикулярном оси элемента;



Несущая способность одного болта *Tб*: определяется как минимальная несущая способность на 1 шов сплачивания:

(т.17(1))





Несущая способность болтового соединения обеспечена.

Т.к. арка в опорном узле опирается неполным сечением через стальные башмаки и древесина испытывает смятие, то необходимо проверить условие:



- расчетное сопротивление древесины смятию под углом к волокнам.

KN – коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений под кромками башмаков. KN=0,9 –смятие поперек волокон.

Fсм=30ּ50=1500 см2 – площадь смятия под башмаком.



232,77/1500 = 0,155 кН/см2 <1,29 ּ0,9 = 1,161 кН/см2

Прочность на смятие обеспечена.

Проверка опорного узла на скалывание по клеевому шву:

,

, .



Прочность на скалывание обеспечена.

Более экономичным является 1 – ый вариант.