# **1. Исходные данные**



Рама с ригелем в виде арки треугольного очертания с затяжкой (арка из балок, Деревягина).

Пролет

Характер теплового режима: отапливаемое здание

Район строительства: г. Енисейск

Снег: 2,24 кН/м2.



# α=19,4

# 

# **2. Расчет клеефанерной панели**

Принимаем клеефанерную панель с размерами 5,58×1,38 м. с пятью продольными ребрами, расстояние между которыми составляет 46 см и четырьмя поперечными.

Для облицовки используем водостойкую фанеру δф=0,8 см, hp= 19,2 см.

см (не проходит)⇒ hp= 19,2 см.



## 

## Сбор нагрузок на 1 м2 панели

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид нагрузки | gn, кН/м2 | γm | gp, кН/м2 |
| **I** | **Постоянная нагрузка** |  |  |  |
| 1 | Асбестоцементные листы ОП | 0,15 | 1,1 | 0,165 |
| 2 | Утеплитель (мин. вата) | 0,068 | 1,2 | 0,082 |
| 3 | Пароизоляция | 0,02 | 1,2 | 0,024 |
| 4 | Продольные ребра 0,192⋅5⋅0,052⋅5/1,45= | 0,172 | 1,1 | 0,189 |
| 5 | Поперечные ребра 0,192⋅4⋅0,052⋅5/5,57= | 0,036 | 1,1 | 0,0396 |
| 6 | Обшивка из фанеры 0,008⋅7= | 0,056 | 1,1 | 0,0616 |
|  | Итого: | 0,502 |  | 0,561 |
| **II** | **Временная нагрузка** |  |  |  |
| 1 | Снеговая | 2,24 |  | 3,2 |
|  | Итого: | 2,742 |  | 3,761 |

Нагрузка на 1 м погонный:



Находим максимальные внутренние силовые факторы:

;



Расчетное сечение клеефанерной панели

δ=0,8 см; hp=19,2 см

Вр=0,9⋅138.2=124.4 см

Впр=4⋅5,2=20,8 см

Н0=19,2+0,8=20 см

y0=8,7 см

y0/= 11,3 см



* Статический момент площади сечения:



* Расстояние от нижнего края сечения до нейтральной оси:

⇒ y0/=11,3 см; yp=1.7 см.



Приведенный момент инерции:



* Приведенный момент сопротивления:



Проверка обшивки в растянутой зоне:



Проверка ребра в сжатой зоне:

,



Проверка фанеры на скалывание вдоль волокон:



Проверка прогиба панели:



## **2.2 Расчет необходимого числа гвоздей**

От сползания по скату плиты удерживаются отрезками металлических уголков, прибиваемых к опорам гвоздями.

Задаемся диаметром гвоздя: dгв=5 мм



Несущая способность гвоздя:



Требуемое количество гвоздей: гвоздей.



Расстояние от края плиты до первого гвоздя 15d=7,5 см, а между гвоздями 45 см. Длина гвоздя принимаем конструктивно 30d=15 см.

# **3. Расчет трехшарнирной арки**

Нагрузка на покрытие: qp=0,15 кН/м2

Снеговая нагрузка:



- вес снегового покрова на 1 м2 горизонтальной поверхности,



-коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие.



Определяем собственный вес арки:



Полная нагрузка:



## **3.1 Статический расчет арки**

Расчет арки ведем при двух сочетаниях нагрузки:

I. Постоянная и снеговая нагрузки равномерно распределены по всему пролету [g+P1]:



RA(g+P1)= RB(g+P1)= 110,33 кН; Н(g+P1)= 147,25 кН; F(g+P1)= 110,33 кН;

II. Постоянная нагрузка по всему пролету и снеговая равномерно распределена на 0,5 пролета [q+P2]:



RA(g+P2)=11,77+24,64= 36,41 кН; RB(g+P2)=11,77+73,92=85,69 кН;

НА(g+P2)=15,71+49,28=64,99 кН; НВ(g+P2)=15,71+82,25=97,96 кН;

## **3.2 Определение усилий в сечениях арки**



Сочетание I:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| X, м | М, кН⋅м | Q, кН | N, кН |
| 0 | 0 | 55,155 | 175,537 |
| 2,75 | 159,49 | 0 | 173,673 |
| 5,5 | 0 | -55,155 | 171,810 |



Сочетание II:



Левая стойка

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| X, м | М, кН⋅м | Q, кН | N, кН |
| 0 | 0 | 20,94 | 73,39 |
| 2,75 | 55,09 | 0 | 71,53 |
| 5,5 | 0 | -20,94 | 69,67 |

Правая стойка

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| X, м | М, кН⋅м | Q, кН | N, кН |
| 0 | 0 | 67,42 | 120,86 |
| 2,75 | 190,61 | 0 | 118,99 |
| 5,5 | 0 | -67,42 | 117,12 |

Максимальные усилия в арке

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| X, м | М, кН⋅м | Q, кН | N, кН |
| 0 | 0 | 67,42 | 175,537 |
| 2,75 | 190,61 | 0 | 173,673 |
| 5,5 | 0 | -67,42 | 171,810 |

# **4. Расчет ригеля из балок Деревягина**

Определяем геометрические характеристики:

b=21 cм; h=63 см; F=1323 см2



где κw и κж – коэффициенты для составных элементов определяемые в зависимости от пролета.

## **4.1 Расчет ригеля как сжато-изгибаемого элемента**

* Проверка прочности



– коэффициент, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента.



Прочность обеспечена

* Проверка устойчивости



Гибкость в плоскости изгиба и коэффициент продольного изгиба:



а=0.8 для древесины.



Устойчивость обеспечена

* Относительный прогиб арки:



## **4.2 Расчет необходимого числа нагелей**

Т.к. b>15 см ⇒ устанавливаем пластинчатые нагели в сечении глухо

Несущая способность одного нагеля:



при глухом соединении.



Требуемое число нагелей:

k=0,2 – коэффициент, учитывающий нормальные силы, приложенные на концах ригеля обоим брусьям



# **5. Проектирование конькового узла**

Деревянные элементы соединяют с помощью деревянных накладок на металлических болтах согласно принятому количеству элементов принятых в нагельном соединении и направлению усилий.

Находим геометрические размеры накладки: диаметр болта d= 2,4 см

При b≤ 10d S1≥ 7d; S2≥ 3,5d; S3≥ 3d

S1=7⋅2,4= 16,8 см; S2=3,5⋅2,4= 8,4 см; S3=3⋅2,4= 7,2 см

Принимаем: S1=18 см; S2=10 см; S3=8 см ⇒ накладка 75×36 мм

е1=S1=18 см; е2=S1=18 см

Определяем усилия:



Определяем расчетную несущую способность на смятие у среднего и крайнего элементов и на срез:

, где κα – коэффициент по графику



, где а=10 см – толщина накладки



Расчет необходимого числа болтов:

*nш*– число расчетных швов одного нагеля

В ряду, где действует сила N1:



В ряду, где действует сила N2:



# **6. Проектирование опорного узла**

## 

## **6.1 Расчет упорной пластины**

Из условия смятия верхнего пояса в месте упора, определяем площадь смятия упорной площадки:

;



ширину упорной пластины принимаем b=23 см ⇒



;



Определяем фактическое напряжение:



Находим момент:



Определяем момент сопротивления пластины из условия прочности:

;



## **6.2 Расчет опорной плиты**

Определяем площадь опорной плиты из условия на прочность на смятие:



– расчетное сопротивление смятию поперек волокон



Определяем размеры плиты:



принимаем плиту: 40×16 см; lk=8 см; Fсм= 640 см2



Определяем фактическое напряжение смятия:



Находим максимальный момент и момент сопротивления:

;



принимаем =1,2 см.



## 

## **6.3 Определение анкерных болтов**



; - площадь болта; - коэффициент условия работы;



Рассчитаем болты от действия распора:



принимаем 2 болта диаметром 24 мм



# **7. Расчет металлической затяжки**

## 

## **7.1 Подбор сечения**

Затяжку выполняем из двух уголков стали С255 (Ry= 24МПа). Из условия прочности определяем требуемую площадь уголков:

,



где m=0,85 – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения усилий между стержнями.

- площадь поперечного сечения одного тяжа



принимаем 2 уголка №45: S=2⋅3,48=6,96см2; ix=1.38; m=2,73 кг/м

Проверяем гибкость:

⇒ ставим 2 подвески, тогда



## **7.2 Расчет сварного шва**

; - толщина стенки уголка



Крепление затяжки к закладной детали – при помощи сварки. Сварку принимаем полуавтоматическую, положение нижнее «в лодочку», сварочная проволока СВ-08,

,



,



1. По металлу шва



1. По металлу границы сплавления



принимаем длину шва равной 14 см.

# **7.3 Расчет подвески**

Подвеску проектируем из стальной проволоки С225 (Ry= 210МПа)

Определяем нагрузку на подвеску: ;



m=2,73 кг/м



Определяем требуемую площадь сечения тяжа и диаметр стержня:

;



Конструктивно принимаем 2 подвески диаметром 3 мм.

# **8. Проектирование и расчет клеефанерной стойки**

Неопределенность рамы находим из предположения одинаковой жесткости левой и правой стоек.

Принимаем клееные стойки прямоугольного сечения с шагом вдоль здания

а= 5,6 м. Крепление стоек с аркой шарнирное.



## **8.1 Определение усилий в стойке**

Определяем ветровую нагрузку:

,



где - коэффициент надежности по нагрузке,



-ветровая нагрузка для данного ветрового района,



-коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (z≤ 5 м κ=0,4; z=10 к=0,4.),



- аэродинамический коэффициент, зависящий от схемы здания,



- шаговое расстояние между арками,



-коэффициент условия работы конструкции,



при z≤ 5 м:



Действие ветра на арку:



Моменты, возникающие в опорной части стойки:



Поперечные силы, возникающие в опорной части стойки:



## **8.2 Подбор сечения стойки**

Принимаем сечение размерами 21×56,1 см. Используем сосновые доски 2 го сорта толщиной 3,3 см (после острожки), ширина доски 23 (21 – после острожки). Древесина пропитана антипиренами.



RC= 15⋅mн⋅mб⋅mа=15⋅1,2⋅0,976⋅0,9=15,81 Мпа.

mб =0,976 при h =56,1 см;

mа =0,9 – при пропитке антипиренами;

mн =1,2 – коэффициент, учитывающий ветровую нагрузку;



;



;



Прочность обеспечена

Проверка сечения на скалывание:



Rск=1,5⋅mн⋅ma=1,5⋅1,2⋅0,9=1,62 Мпа – расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон при изгибе клееных сосновых досок 2-го сорта.

Геометрические характеристики сечения:



Прочность выбранного сечения достаточна.

Расчет на устойчивость сжато-изгибаемого элемента (правая стойка):



Гибкость из плоскости изгиба и коэффициент продольного изгиба:

⇒



-коэффициент для древесины;



Устойчивость клеедосчатой стойки обеспечена.

Расчет на устойчивость сжато-изгибаемого элемента (левая стойка):



Устойчивость клеедосчатой стойки обеспечена.

# **9. Расчет крепления стойки к фундаменту**

## 

## **9.1 Определение усилий**

Напряжение, возникающее на опоре от действия полной осевой нагрузки и изгибающего момента:



;



Nпост= Nпол – Р\*0,5l=150.48–17,92\*0,5\*11=51.92 кН;



Высота сжатой зоны:



## **9.2 Расчет диаметра анкерного болта**



Rbt=250 Мпа – болт класса 6.6 (табл. 58\*) СниП II-23–81\*

n=2 –2 болта;

Растяжение, воспринимаемое болтом:



Требуемая площадь одного болта:



Принимаем диаметр болта:

.



## **9.3 Расчет количества стяжных болтов**

Толщина опорной части стойки определится как:

B=S2+2S3=3,5d+3d⋅2=9,5d;

d=b/9,5=21/9,5=2,2 см ⇒ принимаем d=22 мм.

Определим несущую способность болта:

На смятие крайней части Тсма=0,8⋅d⋅δ=0,8⋅10⋅2,2=17,6 кН;

На смятие средней части Тсмс=0,5⋅h⋅d=0,5⋅56,1⋅2,2=61,71 кН;

На изгиб Тизг=1,8⋅d2+0,02⋅a2= 1,8⋅2,22+0,02⋅102=10,71 кН

Принимаем Тmin=10,71кН.

Число стяжных болтов:

n=Nпол/(Тmin⋅nш) 150.48/(10,71\*2)=7.03 ⇒ принимаем 8 стяжных болтов.

# **Список использованной литературы**

1. СНиП II-25–80\* «Деревянные конструкции»
2. Справочник «Проектирование и расчет деревянных конструкций» И.М. Гринь. Киев: «Будивэльник», 1998 г.
3. СНиП II-23–81\* «Стальные конструкции»
4. СНиП 2.01.07–85\* «Нагрузки и воздействия»