**1. Исходные данные**

*Необходимо рассчитать и законструировать стропильную ферму покрытия пролётом 27 м. Шаг ферм 8 м, сечение элементов решетки фермы выполнены из парных уголков, пояса из тавров. Покрытие тёплое. Климатический район по снеговому покрову – IV. Материал фермы – сталь марки 14Г2 (ГОСТ 19282 – 73\*), соответствует марке С345 по ГОСТ 27772-88\*, соединения стержней в узлах фермы сварные, коэффициент надёжности по назначению зданий . Высота фермы по наружным граням поясов 3150 мм.*



*Рис. 1. Схема стропильной фермы*

**2. Сбор нагрузок на ферму**

*На ферму действуют два вида нагрузок:*

1. *постоянная от собственного веса конструкций покрытия;*
2. *временная снеговая, которую можно отнести только к кратковременной с полным нормативным ее значением.*

*Величины расчетных нагрузок на 1 м2 (горизонтальной проекции) площади покрытия от собственного веса конструкции удобно определять в табличной форме.*

*Таблица 1.*

## *Определение нагрузок, действующих на ферму*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Вид нагрузки и ее составляющие* | *Норма-тивная*  *нагрузка*  *()* | *Коэф-т надеж-ности по нагруз-ке* | *Расчет-ная нагрузка*  *()* |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| *Постоянная:*   * *защитный слой гравия, на битумной мастике, t=20 мм, γ=20 кН/м3* * *гидроизоляционный ковер из 4-х слоев рубероида* * *утеплитель из минераловатных плит t=100 мм, γ=2,5 кН/м3* * *пароизоляция из одного слоя рубероида* * *цементная стяжка t=20мм* * *сборные железобетонные ребристые плиты 8 x 2,7 м* * *собственная масса фермы* * *связи покрытия* | *0,4*  *0,2*  *0,25*  *0,05*  *0,4*  *1,6*  *0,3*  *0,04* | *1,3*  *1,3*  *1,3*  *1,3*  *1,3*  *1,1*  *1,05*  *1,05* | *0,52*  *0,26*  *0,325*  *0,065*  *0,52*  *1,76*  *0,315*  *0,042* |
| *Итого:*  *Временная*  *- снег по всему покрытию* |  | *1,4* |  |
| *Всего:* | *4,74* | *-* | *5,91* |

*Значения погонных равномерно распределенных расчетных нагрузок от собственного веса конструкций и снега (в кН/м) определяются по формулам:*

*QКР = qКР ⋅ В = 3,81⋅ 8 = 30,48 кН/м ;*

*РСНЕГА = РСН ⋅ В = 2,1⋅ 8 =16,8 кН/м ;*

*где В – шаг ферм (В = 8 м);*

*qКР, РСН – расчетные нагрузки действующие на ферму из табл. 1*

*Общая нагрузка на промежуточные узлы фермы от собственного веса конструкций и снега определяется по формуле:*

*F1 = (QКР +PСНЕГА) ⋅ d = (30,48 + 16,8) ⋅ 2,7 = 127,66 кН;*

*где d – длина панели верхнего пояса (d = 2,7 м)*

*Общая нагрузка на опорные стойки от собственного веса конструкций и снега определяется по формуле :*

*F2 = 0,5 ⋅ F1 = 0,5 ⋅ 127,66 = 63,83 кН*

*Тогда, опорная реакция равна :*



*0,5 ⋅ (2⋅ F2+9⋅ F1) =5 ⋅ F1 = 0,5 ⋅ (2⋅63,83 + 9⋅127,66) =638,3 кН*

*Рис. 2. Схема загружения фермы.*

**3. Разработка схемы связей.**

*Сквозная плоская система (ферма) легко теряет свою устойчивость из плоскости. Чтобы придать ферме устойчивость, ее необходимо присоединить к какой-либо жесткой конструкции или соединить с другой фермой в результате чего образуется пространственно устойчивый брус.*

*Для обеспечения устойчивости такого бруса (блока) необходимо, чтобы все грани его были геометрически неизменяемы в своей плоскости.*

*Грани блока образуются двумя вертикальными плоскостями спаренных ферм, двумя перпендикулярными им горизонтальными плоскостями связей, расположенными по обоим поясам ферм, и тремя вертикальными плоскостями поперечных связей (две в торцах ферм и одна в коньке). Поскольку этот пространственный брус в поперечном сечении замкнут и достаточно широк, он обладает очень большой жесткостью при кручении и изгибе, поэтому потеря его общей устойчивости в изгибаемых системах невозможна.*



*Рис. 3. Связи, обеспечивающие устойчивость стропильных ферм.*

**4. Определение усилий в стержнях фермы**

*Значения усилий определяем методом сечений. За расчетную нагрузку фермы принимается расстояние между осями поясов. Уклоном верхнего пояса фермы при i = 0,015 можно пренебречь.*

*cosα = ; sinα =*



*Рис.5. Расчетная схема фермы*

|  |  |
| --- | --- |
|  | *Σmom1 = 3150 = 0 ; N1-4 = 0 (kH)·*  *(kH)* |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | *Усилие в стержне 9-11 отсутствует.* |



*Рис. 6. Размеры элементов фермы и усилия в них*

*Таблица 2*

*Расчетные усилия в элементах фермы*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Элемент* | *Обозначение*  *Стержня* | *Расчетные усилия, кН* | |
| *СЖАТИЕ* | *РАСТЯЖЕНИЕ* |
| *Верхний пояс* | *1 – 4* | *0* | *0* |
| *4 – 6* | *-875,34* | *-* |
| *6 – 8* | *-875,34* | *-* |
| *8 – 10* | *-1313,07* | *-* |
| *10 - 11* | *-1313,07* | *-* |
| *Нижний пояс* | *2 – 5* | *-* | *492,38* |
| *5 – 7* | *-* | *1148,94* |
| *7 – 9* | *-* | *1367,79* |
| *Стойки* | *5 - 6* | *-127,66* | *-* |
| *7 - 10* | *-127,66* | *-* |
| *9 – 11* | *0* | *-* |
| *Раскосы* | *2 - 3* | *-756,64* | *-* |
| *3 - 4* | *-756,64* | *-* |
| *4 - 5* | *-* | *588,45* |
| *5 - 8* | *-420,32* | *-* |
| *7 - 8* | *-* | *252,19* |
| *7 - 11* | *-84,06* | *-* |
| *1 - 3* | *0* | *0* |

**5. Подбор сечений стержней фермы**

***Подбор сечения стержней верхнего пояса.***

*Верхний пояс принимаем с изменением сечения.*

*Подбираем сечение для стержней 1 – 4, 4-6 , для наибольшей*

*нагрузки N4-6 = -875.34 kH*

*Задаемся гибкостью – λ = 90, расчетное сопротивление стали по пределу текучести Ry=315 МПа по табл. 51\* /1/, коэффициент продольного изгиба*

*ϕ = 0, 527 по табл. 72 /1/.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем профиль 17,5ШТ1, А = 47 см2, ix =4,5 см, iy= 5,96 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λx] = 132;*



*ϕх = ϕmin =0,783*

*λy = < [λy] = 136,2; ϕy = 0,849*



*Предельные гибкости*

*;*



*;*



*;*



*.*



*Проверка устойчивости стержня*

*<.*



*Недонапряжение составляет 20%, но при меньшем профиле возникает перенапряжение. Если принять тавр 25БТ1 и тавр 30БТ1 для стержней 8 – 10 и 10 – 11, получим перерасход металла. Окончательно принимаем профиль 17,5ШТ1*

*Подбираем сечение для стержней 8 - 10, 10 – 11, для нагрузки N= -1313,07 kH*

*Задаемся гибкостью – λ = 90, Ry=315 МПа, по табл. 72 /1/ ϕ = 0, 527.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем профиль 20ШТ1, А = 62 см2, ix =5,13 см, iy= 7,19 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λx] = 127,8;*



*ϕх = ϕmin = 0,816*

*λy = < [λy] = 133,2; ϕy = 0,909*



*Предельные гибкости*

*;*



*;*



*;*



*.*



*Проверка устойчивости стержня*

*<.*



*Недонапряжение составляет 13%, но при меньшем профиле возникает перенапряжение. Окончательно принимаем профиль 20ШТ1*

***Проверка местной устойчивости стенки сжатого пояса***

*Проверяем местную устойчивость стенок сжатого пояса для*

*стержней 1 – 4, 4-6 и 6 - 8, по формуле 91\*/1/*



*где hw,ef = h – t – R= 16,93 – 1,28 – 2,0 = 13,65*



*Местная устойчивость стенок тавра обеспечена.*



*Проверяем местную устойчивость стенок сжатого пояса для*

*стержней 8 - 10 и 10 - 11.*

*где hw,ef = h – t – R= 194,3 - 14,2 - 22 = 158,1мм = 15,81 см*



*Местная устойчивость стенок тавра обеспечена.*



***Подбор сечения стержней нижнего пояса.***

*Нижний пояс принимаем с изменением сечения по длине.*

*Подбираем профиль для стержня 2 - 5 и рассчитываем его на*

*усилие – N = 492,38 кН.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем тавр 13БТ1 , А = 17,65 см2, ix = 3,78 см, iy= 2,64 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λ] = 400;*



*λy = < [λ] = 400.*



*Проверка прочности стержня 5-7*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Подбираем профиль для стержня 5 – 7, 7 - 9 и рассчитываем его на*

*усилие – N = 1367,79 кН.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем тавр 25БТ1 , А = 45,9 см2, ix = 7,57 см, iy= 4,22 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λ] = 400;*



*λy = < [λ] = 400.*



*Проверка прочности стержня 5-7*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Подбор сечений сжатых раскосов и стоек производим по методике подбора сечений сжатых верхних поясов фермы, растянутых раскосов – по методике подбора сечений растянутых поясов фермы.*

*Подбираем сечение из парных уголков для стержней 5 - 6, 7 – 10 – не опорный раскос (сжатый) с внутренним усилием N = - 127,66 кН*

*Задаемся гибкостью – λ = 100, по табл. 72 /1/ ϕ = 0,433.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем ┘└ 70x6, А = 16,3 см2, ix =2,15 см, iy= 3,25 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λx] = 156*



*ϕx = ϕmin = 0,324*

*λy = < [λy] = 171,6; ϕy = 0,456*



*Предельные гибкости*

*;*



*;*



*;*



*.*



*Проверка устойчивости стержня*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Сечение для стойки 9 – 11 принимаем конструктивно, для уменьшения количества типа профилей принимаем ┘└ 70x6*

*Стержень 5 - 8.*

*Задаемся гибкостью – λ = 100, по табл. 72 /1/ ϕ = 0,433.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем 2└ 125 x 80x8, А = 32 см2, ix =4 см, iy= 5,98 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λx] = 157,8*



*ϕx = ϕmin = 0,564*

*λy = < [λy] = 166,8; ϕy = 0,678*



*Предельные гибкости*

*;*



*;*



*;*



*.*



*Проверка устойчивости стержня*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Стержень 7 – 11.*

*Задаемся гибкостью – λ = 100, по табл. 72 /1/ ϕ = 0,433.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем 2└ 90x 56x6, А = 23,74 см2, ix =2,88 см, iy= 4,42 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λx] = 180*



*ϕx = ϕmin = 0,336*

*λy = < [λy] = 180; ϕy = 0,477*



*Предельные гибкости*

*;*



*;*



*;*



*.*



*Проверка устойчивости стержня*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Стержень 2 - 4*

*Задаемся гибкостью – λ = 100, по табл. 72 /1/ ϕ = 0,433.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем 2└125x80x10, А = 39,4 см2, ix =3,98 см, iy= 5,98 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λx] =135*



*ϕx = 0,817*

*λy = < [λy] = 126; ϕy = ϕmin = 0,675*



*Предельные гибкости*

*;*



*;*



*;*



*.*



*Проверка устойчивости стержня*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Подбираем профиль для стержня 4 - 5 и рассчитываем его на*

*усилие – N =588,45 кН.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем тавр 2└ 75×50×8 , А = 18,94 см2, ix = 2,35 см, iy= 3,75 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λ] = 400;*



*λy = < [λ] = 400.*



*Проверка прочности стержня 4 - 5*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Подбираем профиль для стержня 7 - 8 и рассчитываем его на*

*усилие – N =252,19 кН.*

###### *Требуемая площадь сечения*



*Принимаем тавр 2└ 63×40×6 , А = 11,8 см2, ix = 1,99 см, iy= 3,21 см.*

*Гибкость стержня*

*λx = < [λ] = 400;*



*λy = < [λ] = 400.*



*Проверка прочности стержня 7 - 8*

*<.*



*Условие соблюдается.*

*Что бы уменьшить количество типов профилей для не напряженного раскоса 1 - 3 конструктивно принимаем сечение 2└ 63×40×5.*

*Опорную стойку принимаем конструктивно из сварного симметричного двутавра. Конструктивные особенности, катеты швов указаны в графической части проекта и главе «Конструирование монтажных узлов» данной пояснительной записки.*

*Результаты расчета стержней фермы приведены в табл.3*

**6. Расчет сварных швов.**

*Для присоединения стержней применяем полуавтоматическую сварку в*

*среде углекислого газа сварочной проволокой СВ-10НМА d = 2 мм по*

*ГОСТ 2246-70\*.*

*Коэффициенты и расчетные сопротивления, принимаемые при расчете по металлу шва:*

*βf = 0,9; γwf = 1; R wf = 240 МПа*

*βf γwfR wf = 0,9⋅1⋅240 = 216 МПа,*

*где : #G0- расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу шва, принимается по табл. 56\*/1/ ;*



*#G0 - коэффициенты для расчета углового шва по металлу шва, принимается по табл. 34\*/1/ ;*



###### *При расчете по металлу границы сплавления*

*βz = 1,05; γwz = 1; R wz = 0,45R un = 0,45⋅490 = 220,5 МПа,*

*βz γwzR wz = 1,05⋅1⋅220,5 = 231,5 МПа;*

*где :*

*#G0= 490 МПа - временное сопротивление стали разрыву, принимаемое равным минимальному значению по государственным стандартам и техническим условиям на сталь ;*



*- коэффициенты для расчета углового шва по металлу границы сплавления табл 56\*/1/;*



*- расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления;*



*βf γwfR wf = 216 МПа < βz γwzR wz = 231,5 МПа,*

*Расчет ведем по металлу шва*

#G0

*#G0*

*Несущая способность сварных швов определяется прочностью металла сварного шва и вычисляется по формуле*

*,*



*где Nоб(п) – усилие, действующее на обушок (перо) уголков;*

*n – количество швов (n = 2);*

*a – длина шва на непровар (а = 1-2 см);*

*kf – катет сварного шва.*

*kf, min ≤ kf ≤ kf, max,*

*где kf, min – минимальный катет шва, определяемый по табл. 38\* /1/;*

*kf, max – максимальный катет шва, равный:*

*для шва по обушку 1,2 tуг;*

*для шва по перу*

*kf, max = tуг – 1мм, при tуг ≤ 6мм;*

*kf, max = tуг – 2мм, при tуг = 7 – 16мм;*

*здесь tуг – толщина прикрепляемого уголка.*

*Стержень 2 - 4*

*Шов по обушку*

*см. Принимаем lw = 15 см.*



*Шов по перу*

*см. Принимаем lw = 10 см.*



*Стержень 4 - 5*

*Шов по обушку*

*см. Принимаем lw = 12 см.*



*Шов по перу*

*см. Принимаем lw = 8 см.*



*Стержень 5 - 8*

*Шов по обушку*

*см. Принимаем lw = 9 см.*



*Шов по перу*

*см. Принимаем lw = 6 см.*



*Стержень 7 - 8*

*Шов по обушку*

*см. Принимаем lw = 8 см.*



*Шов по перу*

*см. Принимаем lw = 6 см.*



*Стержень 7 - 11*

*Шов по обушку*

*см. Принимаем lw = 6 см.*



*Шов по перу*

*см. Принимаем lw = 6 см.*



*Стержень 5 – 6 (7 - 10)*

*Шов по обушку*

*см. Принимаем lw = 6 см.*



*Шов по перу*

*см. Принимаем lw = 6 см.*



*Результаты расчета размеров сварных швов сводим в табл. 4.*

*Таблица 4*

*Таблица расчета швов*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Номер стер-жня* | *Сечение* | *[N], кН* | *Шов по обушку* | | | *Шов по перу* | | |
| *Nоб, кН* | *kf, мм* | *lw, см* | *Nп кН* | *kf, мм* | *lw, см* |
| *2 – 4* | *2└125x80x10* | *756,64* | *529,64* | *9* | *15* | *227* | *6* | *10* |
| *4 – 5* | *2└75x50x8* | *588,45* | *411,9* | *9* | *12* | *176,55* | *6* | *8* |
| *5 – 8* | *2└125x80x8* | *420,32* | *294,22* | *9* | *9* | *126,1* | *6* | *6* |
| *7 – 8* | *2└75x50x6* | *252,19* | *176,53* | *6* | *8* | *75,66* | *5* | *6* |
| *7 – 11* | *2└90x56x6* | *84,03* | *58,83* | *6* | *6* | *25,2* | *5* | *6* |
| *5 – 6*  *(7 - 10)* | *┘└ 70x6* | *127,66* | *89,36* | *6* | *6* | *38,3* | *5* | *6* |

*Сварку не напряженных стержней 1 –3 и 9 – 11, выполняем конструктивно соответственно с катетами швов по обушку 9 мм и 6 мм длиной 7 см, катетами швов по перу 6мм и 5мм длиной 7см.*

***7.* Конструкция монтажных узлов фермы.**

1. ***Опорный узел***

*Принимаем толщину фасонки 12 мм. Опорный лист принимаем толщиной*

*10 мм, ширина 160, длина 180.*

*Ширина фасонки 100мм, длина 260мм*

*Катет швов прикрепляющих фланец к стойке принимаем 7мм, сварной шов по всей длине фланца*

***2) Укрупнительный стык (нижний)***

*Накладку принимаем толщиной 16 мм. шириной 150 и длиной 600.*

*Накладка на пояс ( полка тавра) принимается толщиной 16мм, шириной*

*100мм, длиной 1000мм. Сварной шов по всей длине накладки , катет шва 7мм.*

1. ***Укрупнительный стык (верхний)***

*Накладка 1 :*

*Накладку принимаем толщиной 16мм, шириной 130мм , длиной 1000мм.*

*Накладки 2 :*

*Принимаем толщину 16мм, ширина 200мм, длина 300 мм*

*Катеты швов 7мм*

**Содержание**

1. *Исходные данные………………………………………..……………...4*
2. *Сбор нагрузок на ферму……………..………………..………………4*
3. *Разработка схемы связей……………………………..……………...6*
4. *Определение усилий в стержнях фермы………….………..……..7*
5. *Подбор сечений стержней фермы…………………..…………….11*
6. *Расчет сварных швов.……………..…….…………………………..21*
7. *Конструкция монтажных узлов…………………………………….24*
8. *Список использованной литературы……………………………..27*

## **8. Список использованной литературы**

*1. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. Нормы проектирования. -М.: Стройиздат, 2001.- 96 с.*

*2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1986.- 35 с.*

*3. Металлические конструкции / под общей редакцией Е. И. Беленя /. Издание 6-е, переработанное и дополненное. -М.: Стройиздат, 1985.- 560 с.*

*5. Мандриков А. П. Примеры расчета металлических конструкций.-М.: Стройиздат, 1991.- 429 с.*

*Министерство образования РФ*

*Тульский государственный университет.*

*Кафедра ССМиК*

*Пояснительная записка*

*к курсовой работе по дисциплине : «Металлические конструкции»*

*на тему «Стропильная ферма промздания»*

*Выполнил : студент гр.321291*

*Чепелюк И.Л.*

*Проверил: доцент Иванов А.А.*

*Тула, 2002*