

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новгородский Государственный Университет
имени Ярослава Мудрого»

Кафедра «Строительные конструкции»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОПИЛЬНОЙ ФЕРМЫ ИЗ ПАРНЫХ УГОЛКОВ

Методические указания к расчетно-графической работе

ВЕЛИКИЙ НОВГОРОД
2019

УДК 624.014

Печатается по решению
РИС НовГУ

Р е ц е н з е н т

кандидат технических наук, доцент **А. С. Вареник**

П **Проектирование** стропильной фермы из парных уголков: метод. указания к расчетно-графической работе / сост. К. А. Вареник, А. В. Кириллов; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2019. – 24 с.

Приводится методика расчета и конструирования металлических стропильных ферм из парных уголков. Даны указания по выполнению графической части.

Предназначены для студентов очного и заочного обучения направления 270800.62 – Строительство.

УДК 624.014

© Новгородский государственный
университет, 2019

© К. А. Вареник, А. В. Кириллов,
составление, 2019

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В расчетно-графической работе необходимо произвести расчет и конструирование стропильной фермы из парных уголков в соответствии с заданием.

Расчетно-графическая работа состоит из текстовой и графической частей.

Текст текстовой части должен быть представлен на одной стороне стандартных листов писчей бумаги с оставлением полей: слева – 20 мм, справа – 5...10 мм. Поясняющие рисунки выполнять в удобном для их изображения масштабе. Изложенный в текстовой части материал рекомендуется выполнять в последовательности, указанной в методических указаниях.

Графическая часть включает:

- схемы связей по верхним и нижним поясам стропильных ферм;
- детализовочный чертеж стропильной фермы.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В задание на выполнение расчетно-графической работы входит:

- пролет здания (l);
- шаг стропильных ферм (B);
- эквивалентная высота здания (z_e);
- район строительства;
- тип местности;
- тип покрытия;
- тип стропильной фермы по очертанию поясов.

При выполнении расчетно-графической работы следует учесть, что:

- здание одноэтажное, однопролетное, оборудованное мостовыми кранами;
- сопряжение колонн со стропильными фермами – шарнирное;
- длина здания равна четырехкратному пролету ($L = 4l$);
- марку стали стропильной фермы студент принимает самостоятельно;
- состав покрытия здания и наличие фонаря студент принимает самостоятельно.

В расчетно-графической работе предлагается принять стропильные фермы с параллельными поясами или трапециевидные. Схемы стропильных ферм представлены на рис. 1, 2, 3, 4, 5.

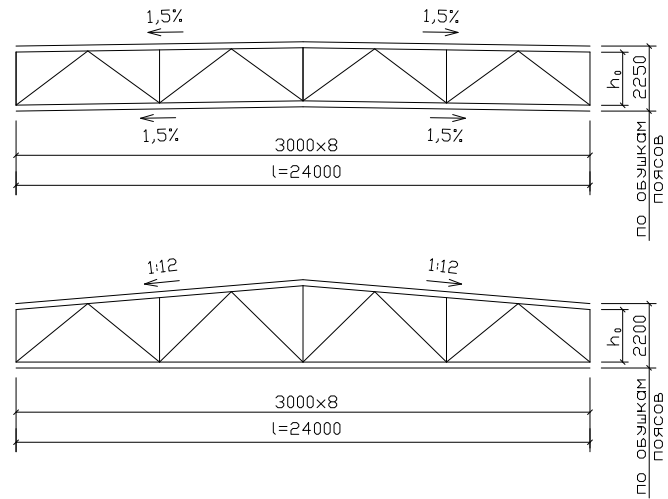


Рис. 1. Схемы стропильных ферм пролетом 24 м

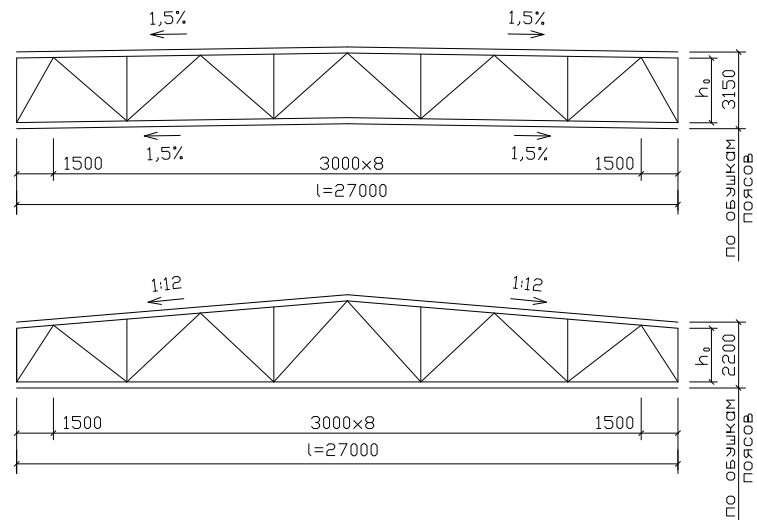


Рис. 2. Схемы стропильных ферм пролетом 27 м

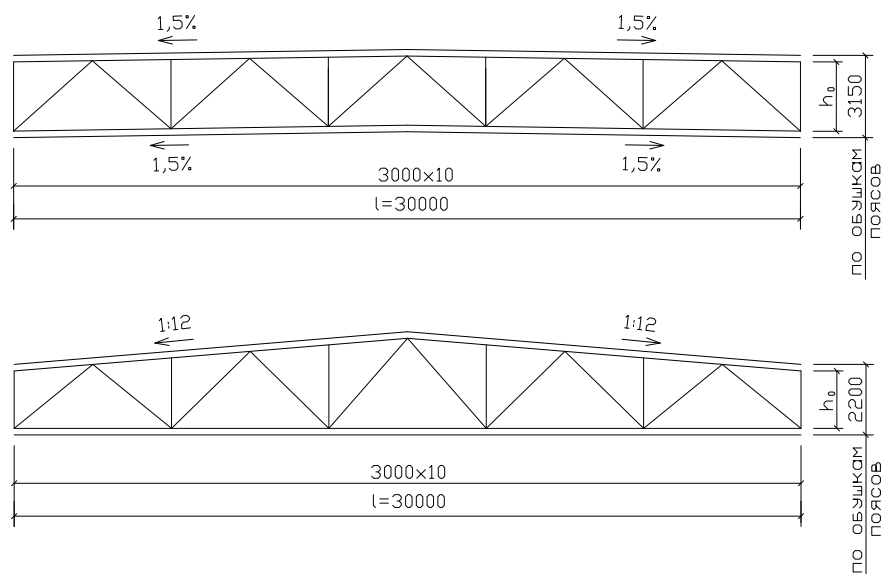


Рис. 3. Схемы стропильных ферм пролетом 30 м

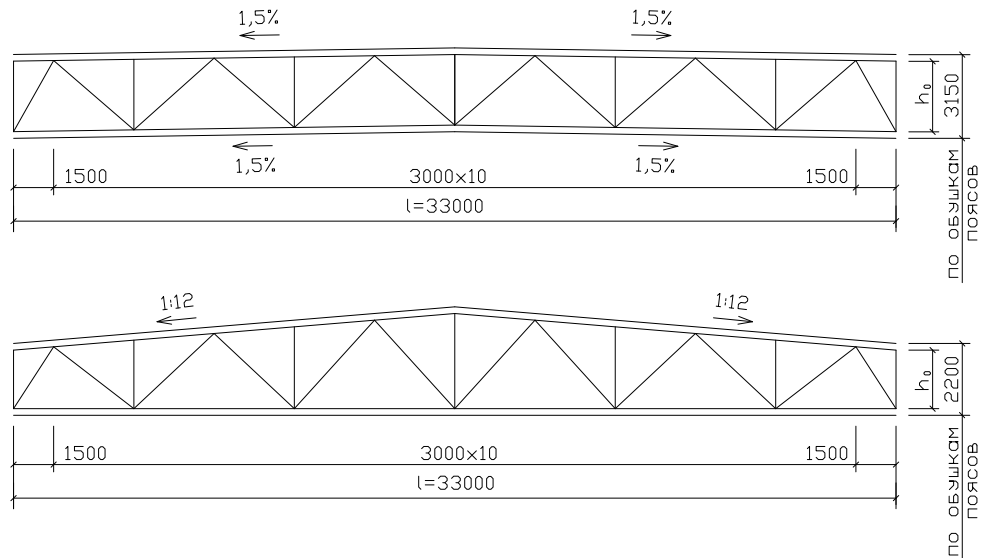


Рис. 4. Схемы стропильных ферм пролётом 33 м

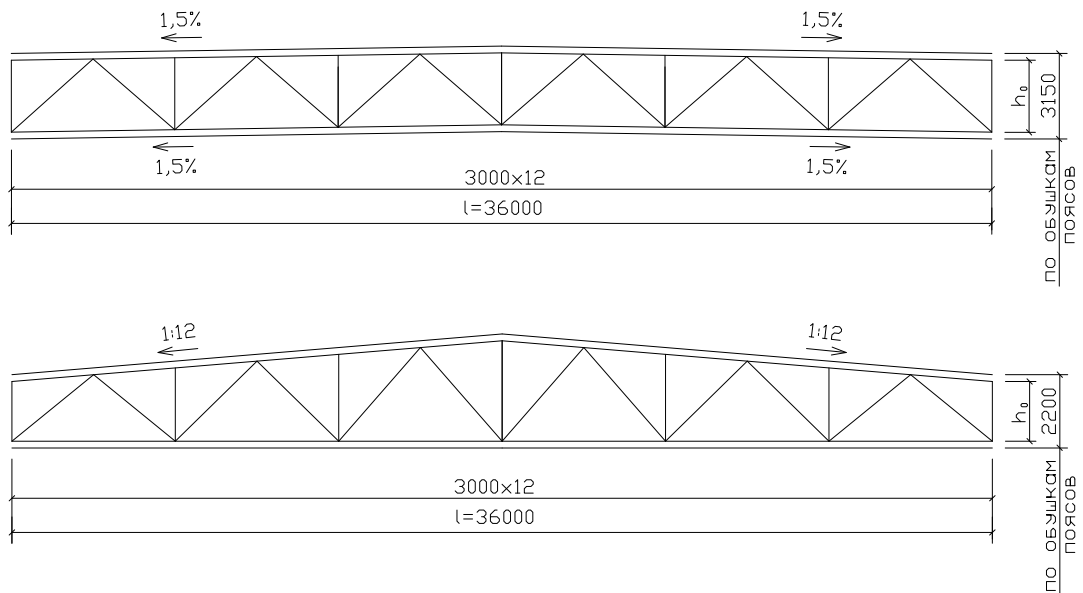


Рис. 5. Схемы стропильных ферм пролётом 36 м

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА ФЕРМУ

Основными нагрузками при расчете стропильной фермы являются постоянная нагрузка от кровли и несущих конструкций покрытия и нагрузка от снега.

2.1. Постоянная нагрузка

Постоянные нагрузки от кровли, стропильных ферм, связей по покрытию и фонарей принимаются, как правило, равномерно распределенными. Нагрузки от бортовых стенок фонаря и остекления учитываются в

виде сосредоточенных сил, приложенных в узлах опирания крайних стоек фонаря.

Определение постоянных распределенных нагрузок от покрытия здания рекомендуется производить в табличной форме (табл. 1). Значения нагрузок для некоторых типов покрытий зданий приведены в прил. 1. Коэффициент надежности по нагрузке следует определять по п. 7 [2].

Таблица 1

Постоянная распределенная нагрузка от покрытия

Состав покрытия	Нормативная нагрузка, $\frac{\kappa H}{м^2}$	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, $\frac{\kappa H}{м^2}$

Вся нагрузка, действующая на ферму, обычно прикладывается к узлам фермы, к которым прикрепляются элементы поперечной конструкции, передающие нагрузку на ферму. Если нагрузка приложена непосредственно в панели фермы, то в основной расчетной схеме она также распределяется между ближайшими узлами, но дополнительно учитывается местный изгиб пояса от расположенной на нём нагрузки. Пояс фермы при этом рассматривается как неразрезная балка с опорами в узлах.

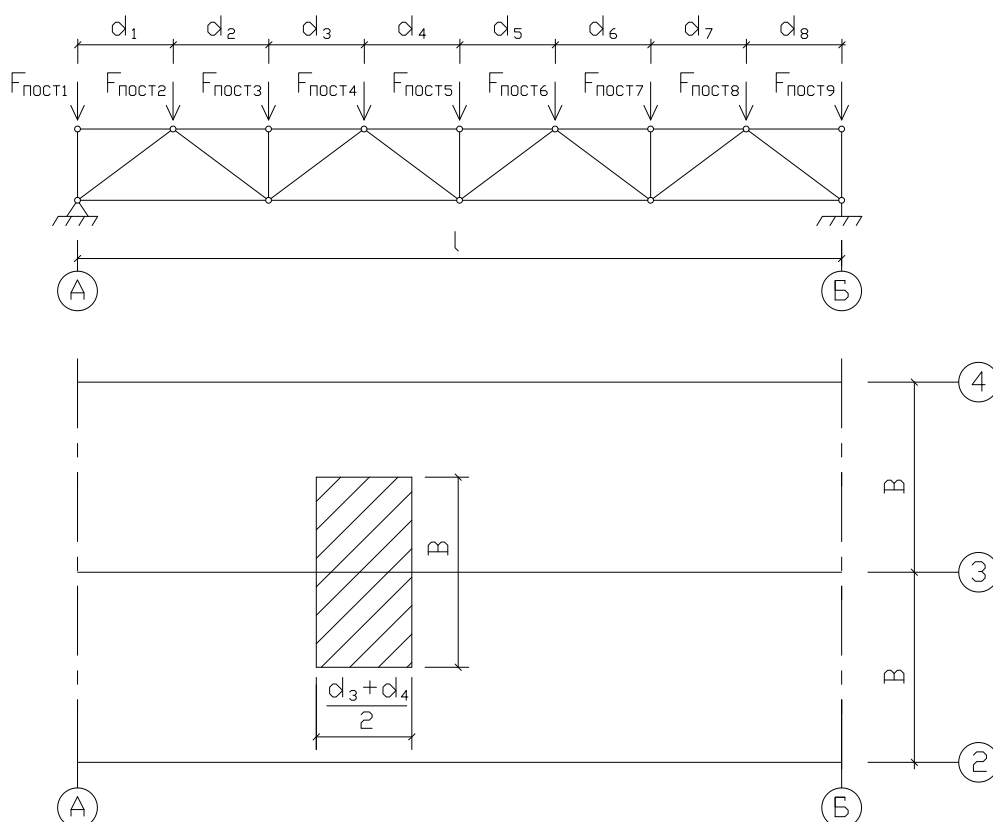


Рис. 6. Расчетная схема фермы

Расчетная постоянная нагрузка, действующая на любой узел стропильной фермы, зависит от грузовой площади, с которой она собирается, (заштрихована на рис. 6) и определяется по формуле:

$$F_{\text{пост}i} = \left(q_{\phi} + \frac{q_{KP}}{\cos \alpha} \right) \frac{d_i + d_{i+1}}{2} B, \quad (1)$$

где q_{ϕ} – расчетная распределенная нагрузка от собственного веса фермы и связей (табл. 1);

q_{KP} – расчетная распределенная нагрузка от веса кровли (табл. 1);

α – угол наклона верхнего пояса фермы к горизонту (для ферм с параллельными поясами принимается $\alpha = 0$);

d_i, d_{i+1} – примыкающие к узлу фермы панели.

В отдельных узлах к нагрузке, получаемой по формуле (1), прибавляется расчетная нагрузка от веса фонаря.

2.2. Снеговая нагрузка

Снег – нагрузка временная и может загроужать стропильную ферму как целиком, так и частично (рис. 7). Загружение снегом одной половины фермы может оказаться невыгодным для средних раскосов, в которых может измениться знак усилия, и слабонагруженные растянутые элементы, имеющие большую гибкость, окажутся сжатыми.

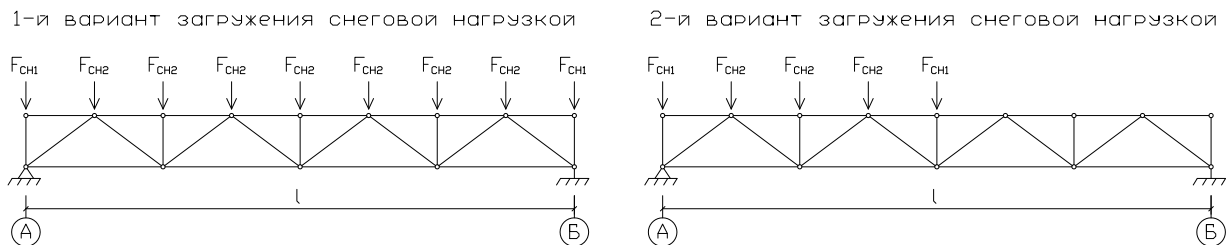


Рис. 7. Варианты загрузки снеговой нагрузкой фермы при отсутствии фонаря

Расчетная узловая нагрузка от снега определяется по формуле:

$$F_{\text{сн}i} = \gamma_f S_0 \frac{d_i + d_{i+1}}{2} B, \quad (2)$$

где γ_f (см. п. 10.12 [2]) – коэффициент надежности по снеговой нагрузке;

S_0 – нормативное значение снеговой нагрузки на 1 м² горизонтальной проекции покрытия, определяемое в соответствии с рекомендациями п. 10 [2].

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ФЕРМЫ

При расчете ферм со стержнями из уголков предполагается, что в узлах системы – идеальные шарниры, оси всех стержней прямолинейны,

расположены в одной плоскости и пересекаются в центрах узлов (рис. 6, 7). Стержни такой идеальной системы работают только на осевые усилия. Напряжения, найденные по этим усилиям, являются основными. В связи с фактической жесткостью узловых соединений в стержнях фермы возникают дополнительные напряжения, которые при отношении высоты стержня к его длине $\frac{h_c}{l_c} \leq \frac{1}{15}$ расчетом не учитываются, так как они мало влияют на несущую способность конструкции.

Кроме того, в стержнях фермы возникают напряжения от моментов в результате неполного центрирования стержней в узлах. Эти напряжения, не являющиеся основными, расчетом не учитываются, так как допускаемые в фермах эксцентриситеты малы и незначительно влияют на их несущую способность.

Смещение оси поясов ферм при изменении сечений не учитывается, если оно не превышает 1,5 % высоты пояса.

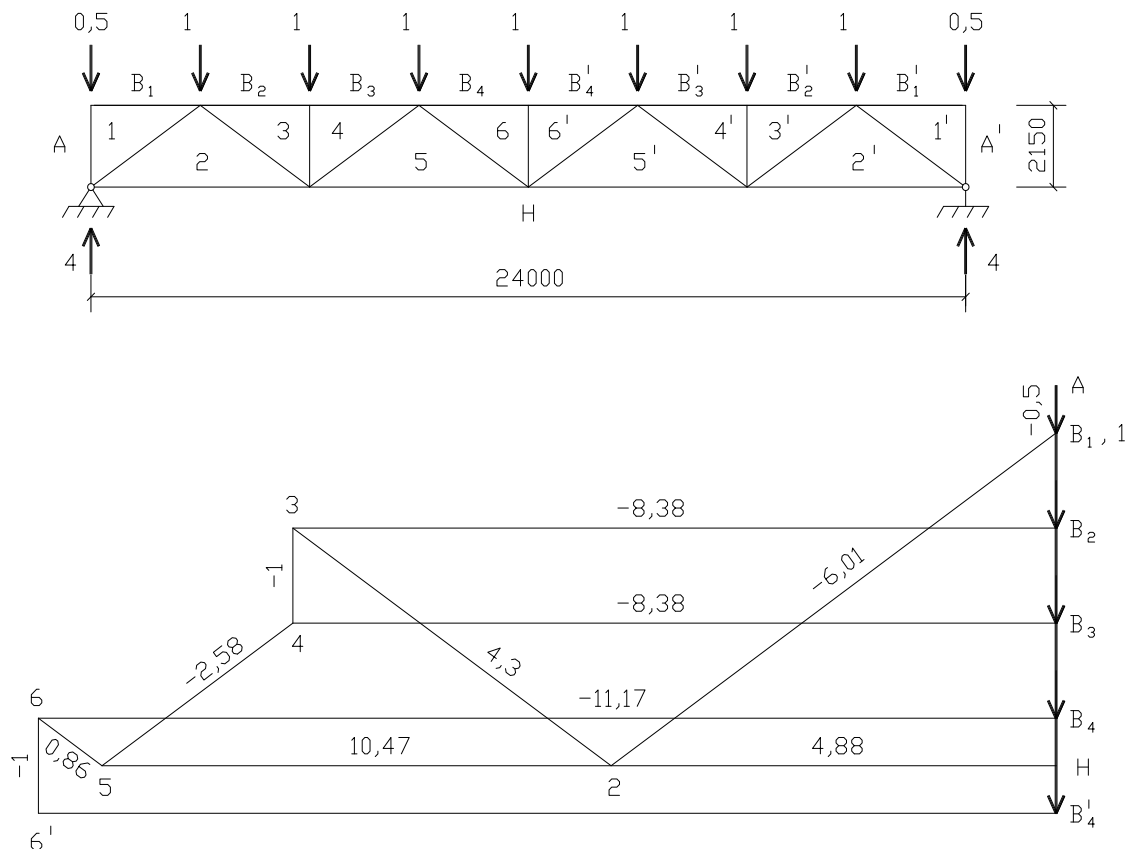


Рис. 8. Расчетная схема фермы пролетом 24 м и диаграмма усилий от единичной нагрузки

Усилия в стержнях стропильной фермы при шарнирном сопряжении ее с колоннами от неподвижной узловой нагрузки удобнее всего определять графическим методом, то есть построением диаграмм Максвелла – Кремоны (рис. 8). Причем, для каждого вида нагрузки – постоянной и сне-

говой (при полном и частичном загрузках) – строят свою диаграмму. Для симметричных нагрузок достаточно определить расчетные усилия только для половины фермы. При вычерчивании схемы фермы за расчетную высоту принимается расстояние между осями поясов h_0 . Сумма привязок осей поясов к их внешним граням (обушкам) предварительно принимается равной 100...150 мм. Уклоном фермы с параллельными поясами можно пренебречь.

Рекомендуется результаты статического расчёта фермы записывать в таблицу (табл. 2), в которой должны быть приведены значения усилий от постоянной нагрузки, от двух загрузок снеговой нагрузки, а также расчетные усилия как результат суммирования усилий при невыгоднейшем загрузке для всех возможных сочетаний нагрузок.

Таблица 2

Расчетные усилия в стержнях фермы, кН

Элементы фермы	Обозначение стержня по диаграмме	Усилия от постоянной нагрузки	Усилия от снеговой нагрузки		Расчетные усилия	
			полное за- гружение	частичное загружение	растяжение	сжатие
Верхний пояс	$B_1 - 1$					
	$B_2 - 3$					
	...					
Нижний пояс	$H - 2$					
	$H - 5$					
	...					
Раскосы	$1 - 2$					
	$2 - 3$					
	...					
Стойки	$A - 1$					
	$3 - 4$					
	...					

4. ПОДБОР СЕЧЕНИЙ СТЕРЖНЕЙ ФЕРМЫ

Компонуя сечения стержней ферм, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Для снижения трудоемкости изготовления в фермах пролетом до 24 м (включительно) пояса принимают постоянного сечения; при больших пролетах ферм сечения поясов следует изменять не более одного раза.
2. Не следует использовать в одной ферме сечения стержней одного размера, но разных толщин или марок сталей.

3. Для предотвращения повреждения стержней при транспортировке и монтаже не рекомендуется применять профили размером менее 50 мм.
4. Из условия обеспечения качества сварки и повышения коррозионной стойкости толщину уголков не следует назначать менее 4 мм.
5. Для снижения расхода стали целесообразно наиболее нагруженные элементы ферм (пояса, опорные раскосы) проектировать из стали повышенной прочности, а прочие стержни – из обычной стали.

Подбор сечений стержней фермы рекомендуется выполнять в табличной форме (табл. 3). Причем, в таблице должны отражаться только окончательно принятые сечения.

Для верхнего и нижнего поясов фермы подбор сечений рекомендуется начинать с наиболее нагруженных панелей.

Предварительно в таблицу 3 заносятся геометрическая длина $l_{ГЕОМ}$, расчётные длины $l_{ef,x}$, $l_{ef,y}$ (см. табл. 24 [1]) и коэффициент условий работы γ_c (см. табл. 1 [1]) каждого стержня.

Подбор сечения растянутых стержней

1. Определяются:

– требуемая площадь сечения стержня
$$A_{TP} = \frac{N}{R_y \gamma_c},$$

где R_y (см. табл. В.5 [1]) – расчетное сопротивление при растяжении, сжатии и изгибе фасонного проката по пределу текучести;

– требуемая площадь сечения одного уголка
$$A_{1TP} = \frac{A_{TP}}{2}.$$

2. По требуемой площади сечения одного уголка по сортаменту (прил. 2) выбирается уголок, имеющий ближайшее большее значение площади, и в таблицу 3 заносятся его фактические геометрические характеристики: площадь сечения стержня ($A = 2A_{\perp}$) и радиусы инерции i_x , i_y .

Радиус инерции i_y для сечения из парных уголков выписывается из сортамента в зависимости от толщины фасонки t_{ϕ} между уголками. Толщина фасонки принимается в зависимости от наибольшего усилия в стержнях решетки фермы (табл. 4). В пределах отправочного элемента рекомендуется принимать фасонки одинаковой толщины. При значительной разнице усилий в стержнях решетки допускается применять фасонки двух толщин в одном отправочном элементе. Допустимая разница толщин фасонки в смежных узлах равна 2 мм.

Таблица 3

Подбор сечений стержней фермы

[illegible]

Таблица 4

Рекомендуемые толщины фасонок

Максимальное усилие в стержнях решетки, кН	До 150	150-250	250-400	400-600	600-1000	1000-1400	1400-1800	Более 1800
Толщина фасонки t_ϕ , см	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

3. Вычисляются гибкости стержня $\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x}$, $\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y}$.

4. Проверяются условия обеспечения гибкости стержня

$$\lambda_x \leq \lambda_u; \quad (3)$$

$$\lambda_y \leq \lambda_u, \quad (4)$$

где λ_u (см. табл.33 [1]) – предельная гибкость растянутых элементов.

Если для нижнего пояса фермы не выполняется условие (4), то нужно либо взять уголок большего сечения, либо изменить схему связей по нижним поясам ферм постановкой дополнительных распорок.

Если для элементов решетки фермы не выполняется условие (3) или (4), то нужно взять уголок большего сечения.

После корректировки необходимо заново выполнить пп. 3 и 4.

5. Выполняется проверка прочности стержня $\sigma = \frac{N}{A} \leq R_y \gamma_c$, хотя в этом случае она является формальной.

Подбор сечения сжатых стержней

1. Задаются гибкостью стержня λ . В первом приближении можно принять для поясов $\lambda = 60...80$, для решетки $\lambda = 100...120$. Большие значения λ принимаются при меньших усилиях.

2. Определяется условная гибкость стержня $\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}$,

где E (см. табл. Б.1 [1]) – модуль упругости прокатной стали.

3. По табл. Д.1 [1] находится коэффициент устойчивости при центральном сжатии φ для типа сечения c .

4. Из условия обеспечения устойчивости вычисляется требуемая площадь сечения стержня $A_{TP} = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c}$.

5. Вычисляется требуемая площадь сечения одного уголка $A_{1TP} = \frac{A_{TP}}{2}$.

6. По требуемой площади сечения одного уголка по сортаменту (прил. 2) подбирается подходящий профиль и в таблицу 3 заносятся его

фактические геометрические характеристики: площадь сечения стержня ($A = 2A_{\perp}$) и радиусы инерции i_x, i_y .

7. Вычисляются гибкости стержня $\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x}, \quad \lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y}.$

8. По максимальной гибкости $\lambda_{\max} = \max\{\lambda_x; \lambda_y\}$ определяется условная гибкость стержня $\bar{\lambda} = \lambda_{\max} \sqrt{\frac{R_y}{E}}.$

9. По табл. Д.1 [1] находится коэффициент устойчивости при центральном сжатии φ для типа сечения c .

10. Проводится проверка устойчивости стержня

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c. \quad (5)$$

Если данная проверка не выполняется или показывает значительный (больше 5...10 %) запас, то гибкость стержня предварительно была задана неправильно. В этом случае проводят корректировку сечения, принимая уголок с промежуточным между требуемой и фактической значениями площади. Вычисляя заново характеристики по пп. 7 – 9, добиваются выполнения условия (5). Обычно второе-третье приближение достигает цели.

11. Проверяется условие обеспечения гибкости стержня

$$\lambda_{\max} \leq \lambda_u, \quad (6)$$

где λ_u (см. табл.32 [1]) – предельная гибкость сжатых элементов.

Если условие (6) не выполняется, то нужно взять уголок большего сечения и заново выполнить пп. 7 – 10.

5. РАСЧЕТ СВАРНЫХ ШВОВ ПРИКРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕШЕТКИ ФЕРМЫ К ФАСОНКАМ

Расчет сварных швов рекомендуется выполнять в табличной форме (табл. 5).

По таблице Г.1 [1] выбирается марка сварочной проволоки.

Расчетное усилие в сечении из парных равнополочных уголков распределяется следующим образом: 70 % усилия приходится на обушок и 30 % – на перо.

При расчете сварных швов задаются значениями катетов швов по обушку k_f^{OB} и по перу k_f^{Π} и определяют требуемые длины швов по обушку $l_{w,mp}^{OB}$ и по перу $l_{w,mp}^{\Pi}$.

При назначении катета шва необходимо учитывать следующие рекомендации:

– $k_f^{OB} \approx t_{\perp} + (0...2) \text{ мм};$

– $k_f^{\text{II}} \approx t_{\text{L}} - (0 \dots 2) \text{ мм}$,

где t_{L} – толщина уголка.

Катет шва принимается целым числом миллиметров, не менее значений табл. 38 [1] и не более $1,2 t_{\text{min}}$, где t_{min} – наименьшая из толщин свариваемых элементов (уголка или фасонки).

Требуемая длина сварного шва по обушку принимается по наибольшему значению, найденному по формулам:

при расчете по металлу шва

$$l_{w,mp}^{OB} = \frac{N^{OB}}{2 k_f^{OB} \beta_f R_{wf} \gamma_C} + 1 \text{ см};$$

при расчете по металлу границы сплавления

$$l_{w,mp}^{OB} = \frac{N^{OB}}{2 k_f^{OB} \beta_z R_{wz} \gamma_C} + 1 \text{ см},$$

где β_f, β_z (см. табл. 39 [1]) – коэффициенты, соответствующие механизированной сварке в нижнем положении;

γ_C (см. табл. 1 [1]) – коэффициент условий работы конструкции;

R_{wf} (см. табл. Г.2 [1]) – расчетное сопротивление сварного соединения с угловыми швами срезу по металлу шва;

R_{wz} (см. табл. 4 [1]) – расчетное сопротивление сварного соединения с угловыми швами срезу по металлу границы сплавления.

Таблица 5

Расчет сварных швов

Обозначение стержня по диаграмме	Сечение	Расчетное усилие N , кН	Шов по обушку			Шов по перу		
			N^{OB} , кН	k_f^{OB} , см	l_w^{OB} , см	N^{II} , кН	k_f^{II} , см	l_w^{II} , см
A–1								
1–2								
2–3								
...								

Требуемая длина сварного шва по перу принимается по наибольшему значению, найденному по формулам:

при расчете по металлу шва

$$l_{w,mp}^{\Pi} = \frac{N^{\Pi}}{2k_f^{\Pi}\beta_f R_{wf}\gamma_c} + 1 \text{ см};$$

при расчете по металлу границы сплавления

$$l_{w,mp}^{\Pi} = \frac{N^{\Pi}}{2k_f^{\Pi}\beta_z R_{wz}\gamma_c} + 1 \text{ см}.$$

При назначении длин сварных швов по обушке и по перу следует руководствоваться следующим:

- l_w - целое число сантиметров;
- $l_w \geq 4 \text{ см}$;
- $l_{w,mp}^{OB} \leq l_w^{OB} \leq 85\beta_f k_f^{OB}$;
- $l_{w,mp}^{\Pi} \leq l_w^{\Pi} \leq 85\beta_f k_f^{\Pi}$;
- значения l_w^{OB} и l_w^{Π} принимать возможно меньшими.

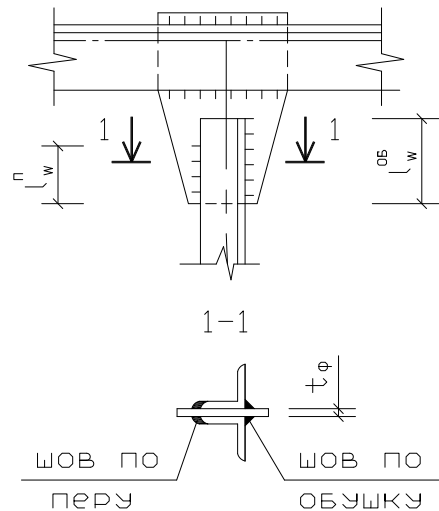


Рис. 9. К расчету сварных швов

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ФЕРМЫ

При конструировании фермы разбивают на отправочные марки. Отправочной маркой является или вся ферма целиком, или, если ферма в целом виде нетранспортабельна, ее часть (в фермах пролетом 24...36 м обычно половина фермы).

На детализировочном (рабочем) чертеже отправочной марки показывают фасад фермы, планы верхнего и нижнего поясов, вид сбоку. Узлы изображают на фасаде, причем для ясности чертежа узлы и сечения стержней вычерчивают в масштабе 1:10...1:15 на схеме осей фермы, вычерченной в масштабе 1:20...1:30.

Основой конструирования узлов фермы является пересечение осей всех сходящихся в узле стержней в центре узла.

Резку стержней решетки производят, как правило, нормально к оси стержня. Для крупных стержней допускается косая резка с целью уменьшения размеров фасонки. Стержни решетки не доводятся до поясов на расстояние $a = 6t_{\phi} - 20$ мм (где t_{ϕ} – толщина фасонки в мм), но не более 80 мм (рис. 10).

В ферме со стержнями из парных уголков, составленных тавром, узлы проектируют на фасонках, которые заводят между уголками. К поясу фермы фасонки рекомендуется прикреплять сплошными швами минимального катета. Фасонки выпускают за обушки поясных уголков на 10...15 мм (рис. 10).

Основными размерами узла являются расстояния от центра узла до торцов прикрепляемых стержней решётки и до края фасонки. По этим расстояниям определяются требуемая длина стержней решетки, которая назначается кратной 10 мм, и размеры фасонки. Размеры фасонки определяются необходимой длиной швов крепления элементов. Необходимо стремиться к простейшим очертаниям фасонки, чтобы упростить их изготовление и уменьшить количество обрезков.

Для обеспечения плавной передачи усилия и снижения концентрации напряжений угол между краем фасонки и элементом решётки должен быть не менее 15° .

Стыки поясов необходимо перекрывать накладками, выполненными из уголков (при одинаковой толщине поясов) или листов. Площадь сечения стыковых элементов должна быть не меньше площади сечения стыкуемых элементов. Уголки, перекрывающие стыки пояса, принимаются того же калибра, что и поясные.

Для того, чтобы прикрепить уголковую накладку, необходимо срезать обушок и полку уголка. Уменьшение его площади сечения компенсируется фасонкой. При установке листовых накладок в работу включается фасонка. Центр тяжести сечения в месте стыка не совпадает с центром тяжести сечения пояса и оно работает на внецентренное растяжение или сжатие. Для облегчения работы фасонки стык пояса выносится за пределы узла на расстояние 300...500 мм. Между торцами стыкуемых элементов поясов ферм следует оставлять зазор не менее 50 мм (рис. 10).

При свободном опирании фермы на нижележащую конструкцию возможное решение опорного узла показано на рис. 11. В опорной плите устраивают отверстия для анкеров. Для компенсации возможного несовпадения анкерных болтов и отверстий диаметр отверстия делают в 2...2,5 раза больше диаметра анкеров, а шайбы

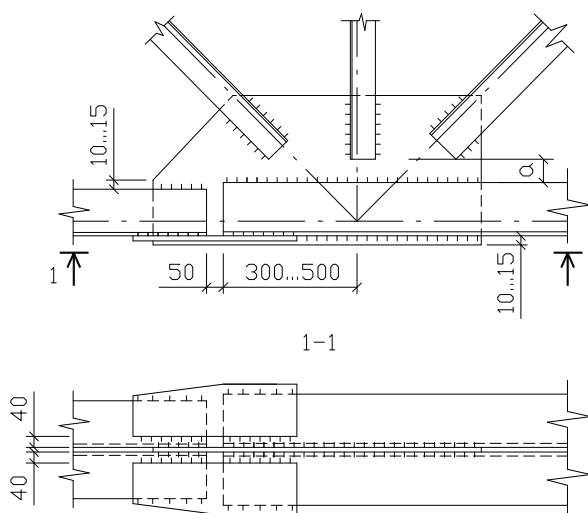


Рис. 10. Стык пояса листовыми накладками

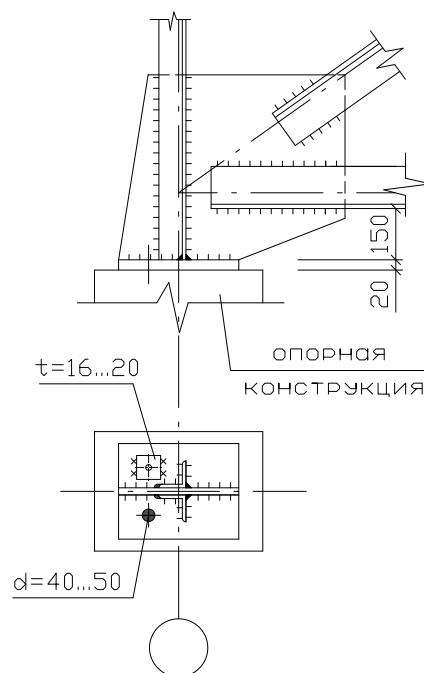


Рис. 11. Опорный узел

анкерных болтов приваривают к плите. Для удобства сварки и монтажа узла расстояние между нижним поясом и опорной плитой принимают не менее 150 мм.

Для обеспечения совместной работы уголков их соединяют прокладками. Расстояние в свету между прокладками должно быть не более $40i_x$ для сжатых элементов и $80i_x$ для растянутых, где i_x – радиус инерции одного уголка относительно оси $x - x$. При этом в сжатых элементах ставится не менее двух прокладок. Соединительные прокладки принимаются шириной 60...80 мм и выпускаются за габариты уголков на 10...15 мм в каждую сторону.

В месте опирания на верхний пояс фермы прогонов покрытия или кровельных плит фасонки не доводят до обушков поясных уголков на 10...15 мм.

Чтобы прикрепить прогоны, к верхнему поясу фермы приваривается уголок с отверстиями для болтов (рис. 12). В расчетно-графической работе можно принять в качестве прогона швеллер №20 при шаге стропильных ферм 6 м и швеллер №36 при шаге стропильных ферм 12 м.

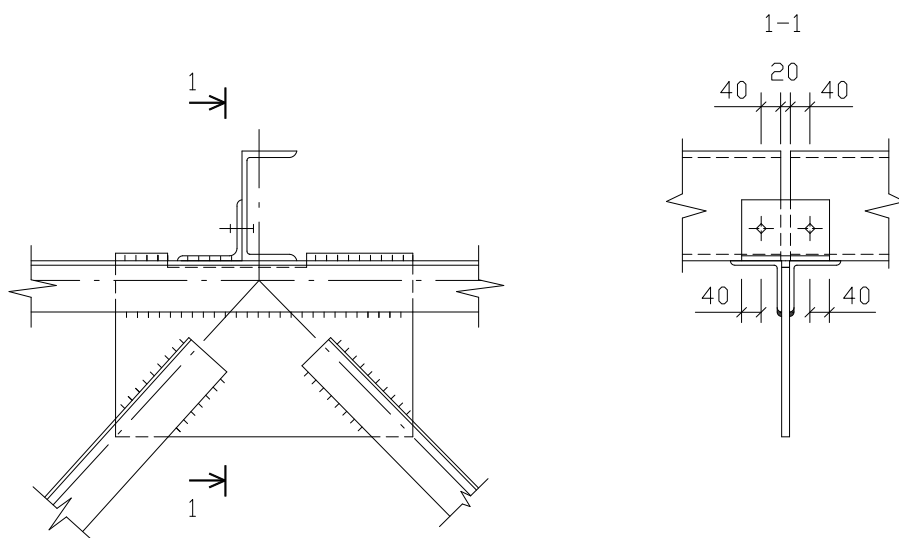


Рис. 12. Прикрепление прогонов

В местах опирания кровельных плит верхний пояс стропильной фермы усиливается накладками толщиной 10...14 мм, если толщина поясных уголков менее 10 мм при шаге ферм 6 м и менее 14 мм при шаге ферм 12 м (рис. 13). Во избежание ослабления сечения верхнего пояса не следует приваривать накладки поперечными швами.

На фасаде фермы указываются размеры (катет и длина) сварных швов.

На чертеже размещается спецификация деталей (по установленной форме) на отправочную марку фермы и даются примечания.

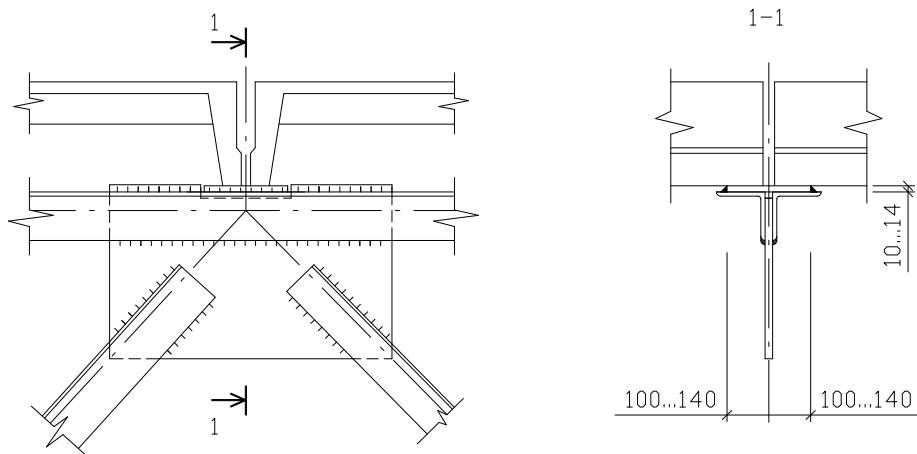


Рис. 13. Прикрепление крупнопанельных плит

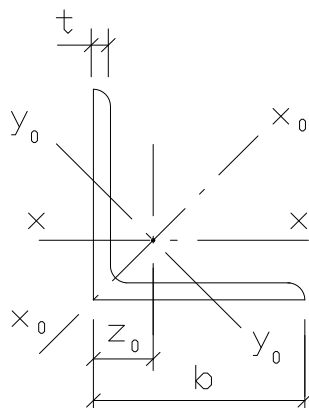
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

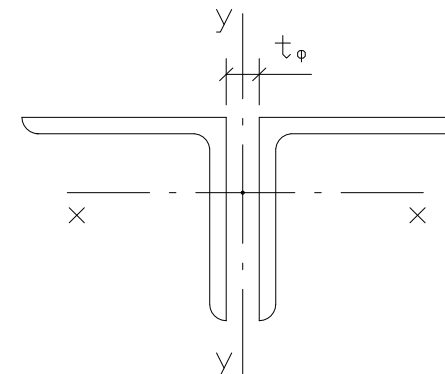
Нагрузки от веса конструкций покрытия

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, $\frac{кН}{м^2}$	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, $\frac{кН}{м^2}$
Ограждающие элементы кровли			
Гравийная защита (15-20 мм)	0,3-0,4	1,3	0,39-0,52
Гидроизоляционный ковер из 3-4 слоев рубероида	0,15-0,2	1,3	0,195-0,26
Цементная стяжка (20 мм)	0,4	1,3	0,52
Утеплитель:			
пенобетон, $\rho = 600 \frac{кг}{м^3}$		1,3	
минераловатные плиты, $\rho = 200 \frac{кг}{м^3}$		1,2	
пенопласт, $\rho = 50 \frac{кг}{м^3}$		1,2	
Пароизоляция из 1 слоя рубероида	0,05	1,3	0,065
Несущие элементы кровли			
Профилированный настил (0,8-1 мм)	0,13-0,16	1,05	0,137-0,168
Плоский стальной настил (3-4 мм)	0,24-0,32	1,05	0,252-0,336
Железобетонные панели из тяжелого бетона с заливкой швов размером:			
3 × 6 м	1,6	1,1	1,76
3 × 12 м	1,8	1,1	1,98
Металлические конструкции покрытия			
Прогоны пролетом:			
6 м	0,05-0,08	1,05	
12 м	0,1-0,15	1,05	
Каркас стальной панели размером:			
3 × 6 м	0,1-0,15	1,05	0,105-0,158
3 × 12 м	0,15-0,25	1,05	0,158-0,263
Стропильные фермы	0,1-0,4	1,05	0,105-0,42
Каркас фонаря	0,08-0,12	1,05	0,084-0,126
Связи покрытия	0,04-0,06	1,05	0,042-0,063

Уголки стальные горячекатаные равнополочные (выборка из ГОСТ 8509-93)



Обозначения: b – ширина полки; t – толщина полки; I – момент инерции; i – радиус инерции; z_0 – расстояние от центра тяжести до наружной грани полки; A – площадь поперечного сечения



Размеры, мм			A , см ²	Справочные значения величин для осей						Радиус инерции i_y для двух уголков при расстоянии t_ϕ , см					Масса 1 м, кг
				$x - x$		$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$							
b	t	z_0		I_x , см ⁴	i_x , см	I_{x0} , см ⁴	i_{x0} , см	I_{y0} , см ⁴	i_{y0} , см	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	
50	4	13,8	3,89	9,21	1,54	14,63	1,94	3,8	0,99	2,35	2,43	2,51	2,59	2,67	3,05
	5	14,2	4,8	11,2	1,53	17,77	1,92	4,63	0,98	2,38	2,45	2,53	2,61	2,69	3,77
	6	14,6	5,69	13,07	1,52	20,72	1,91	5,43	0,98	2,41	2,47	2,55	2,63	2,71	4,47
56	4	15,2	4,38	13,1	1,73	20,79	2,18	5,41	1,11	2,58	2,66	2,73	2,81	2,89	3,44
	5	15,7	5,41	15,97	1,72	25,36	2,16	6,59	1,1	2,61	2,72	2,77	2,85	2,93	4,25
63	4	16,9	4,96	18,86	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	2,86	2,93	3,01	3,09	3,16	3,9
	5	17,4	6,13	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	2,89	2,96	3,04	3,12	3,19	4,81
	6	17,8	7,28	27,06	1,93	42,91	2,43	11,18	1,24	2,9	2,99	3,06	3,14	3,21	5,72
70	4,5	18,8	6,2	29,04	2,16	46,03	2,72	12,04	1,39	3,14	3,21	3,29	3,37	3,45	4,87
	5	19	6,86	31,94	2,16	50,67	2,72	13,22	1,39	3,16	3,23	3,3	3,38	3,46	5,38
	6	19,4	8,15	37,58	2,15	59,64	2,71	15,52	1,38	3,18	3,25	3,33	3,4	3,48	6,39
	7	19,9	9,42	42,98	2,14	68,19	2,69	17,77	1,37	3,2	3,28	3,35	3,44	3,5	7,39
	8	20,2	10,67	48,16	2,12	76,35	2,68	19,97	1,37	3,22	3,29	3,37	3,45	3,51	8,37

Продолжение приложения 2

Размеры, мм			A , см ²	Справочные значения величин для осей						Радиус инерции i_y для двух уголков при расстоянии t_ϕ , см					Масса 1 м, кг
				$x - x$		$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$							
b	t	z_0		I_x , см ⁴	i_x , см	I_{x0} , см ⁴	i_{x0} , см	I_{y0} , см ⁴	i_{y0} , см	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	
75	5	20,2	7,39	39,53	2,31	62,65	2,91	16,41	1,49	3,35	3,42	3,49	3,57	3,65	5,8
	6	20,6	8,78	46,57	2,3	73,87	2,9	19,28	1,48	3,38	3,44	3,52	3,6	3,67	6,89
	7	21	10,15	53,34	2,29	84,61	2,89	22,07	1,47	3,4	3,47	3,54	3,62	3,69	7,96
	8	21,5	11,5	59,84	2,28	94,89	2,87	24,8	1,47	3,43	3,5	3,57	3,65	3,72	9,02
	9	21,8	12,83	66,1	2,27	104,72	2,86	27,48	1,46	3,44	3,51	3,59	3,67	3,74	10,07
80	5,5	21,7	8,63	52,68	2,47	83,56	3,11	21,8	1,59	3,57	3,64	3,71	3,79	3,87	6,78
	6	21,9	9,38	56,97	2,47	90,4	3,11	23,54	1,58	3,58	3,65	3,72	3,8	3,88	7,36
	7	22,3	10,85	65,31	2,45	103,6	3,09	26,97	1,58	3,6	3,67	3,75	3,82	3,9	8,51
	8	22,7	12,3	73,36	2,44	116,39	3,08	30,32	1,57	3,62	3,69	3,77	3,84	3,92	9,65
90	6	24,3	10,61	82,1	2,78	130	3,5	33,97	1,79	3,96	4,04	4,11	4,19	4,25	8,33
	7	24,7	12,28	94,3	2,77	149,67	3,49	38,94	1,78	3,99	4,06	4,13	4,21	4,29	9,64
	8	25,1	13,93	106,11	2,76	168,42	3,48	43,8	1,77	4,01	4,08	4,16	4,23	4,31	10,93
	9	25,5	15,6	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	4,04	4,11	4,18	4,26	4,33	12,2
100	6,5	26,8	12,82	122,1	3,09	193,46	3,89	50,73	1,99	4,36	4,43	4,5	4,57	4,65	10,06
	7	27,1	13,75	130,59	3,08	207,01	3,88	54,16	1,98	4,38	4,45	4,52	4,59	4,67	10,79
	8	27,5	15,6	147,19	3,07	233,46	3,87	60,92	1,98	4,44	4,52	4,59	4,62	4,68	12,25
	10	28,3	19,24	178,95	3,05	283,83	3,84	74,08	1,96	4,47	4,54	4,62	4,66	4,71	15,1
	12	29,1	22,8	208,9	3,03	330,95	3,81	86,84	1,95	4,48	4,56	4,63	4,71	4,75	17,9
	14	29,9	26,28	237,15	3	374,98	3,78	99,32	1,94	4,53	4,6	4,68	4,76	4,79	20,63
	16	30,6	29,68	263,82	2,98	416,04	3,74	111,61	1,94	4,64	4,68	4,72	4,8	4,85	23,3
110	7	29,6	15,15	175,61	3,4	278,54	4,29	72,68	2,19	4,78	4,85	4,92	5	5,06	11,89
	8	30	17,2	198,17	3,39	314,51	4,28	81,83	2,18	4,8	4,87	4,95	5,02	5,08	13,5
125	8	33,6	19,69	294,36	3,87	466,76	4,87	121,98	2,49	5,39	5,46	5,53	5,6	5,67	15,46
	9	34	22	327,48	3,86	520	4,86	135,88	2,48	5,41	5,48	5,56	5,63	5,71	17,3
	10	34,5	24,33	359,82	3,85	571,04	4,84	148,59	2,47	5,44	5,52	5,58	5,66	5,75	19,1
	12	35,3	28,89	422,23	3,82	670,02	4,82	174,43	2,46	5,48	5,55	5,62	5,7	5,8	22,68
	14	36,1	33,37	481,76	3,8	763,9	4,78	199,62	2,45	5,52	5,6	5,67	5,75	5,84	26,2
	16	36,8	37,77	538,56	3,78	852,84	4,75	224,29	2,44	5,56	5,66	5,72	5,78	5,87	29,65

Окончание приложения 2

Размеры, мм			A , см ²	Справочные значения величин для осей						Радиус инерции i_y для двух уголков при					Масса 1 м, кг
				$x - x$		$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		расстоянии t_ϕ , см					
b	t	z_0		I_x , см ⁴	i_x , см	I_{x0} , см ⁴	i_{x0} , см	I_{y0} , см ⁴	i_{y0} , см	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	
140	9	37,8	24,72	465,7	4,34	739,4	5,47	192	2,79	6,02	6,1	6,16	6,24	6,3	19,41
	10	38,2	27,33	512,3	4,33	813,6	5,46	211	2,78	6,05	6,12	6,19	6,26	6,32	21,45
	12	39	32,49	602,5	4,31	957	5,43	248	2,76	6,08	6,15	6,25	6,3	6,35	25,5
160	10	43	31,43	774,2	4,96	1229,1	6,25	319,3	3,19	6,84	6,91	6,97	7,05	7,11	24,67
	11	43,5	34,42	844,2	4,95	1340,1	6,24	347,8	3,18	6,86	6,93	7	7,07	7,14	27,02
	12	43,9	37,39	912,9	4,94	1450	6,23	375,8	3,17	6,88	6,95	7,02	7,09	7,17	29,35
	14	44,7	43,57	1046,5	4,92	1662,1	6,2	430,8	3,16	6,91	6,98	7,05	7,13	7,21	34,2
	16	45,5	49,07	1175,2	4,89	1865,7	6,17	484,6	3,14	6,95	7,03	7,1	7,18	7,24	38,52
	18	46,3	54,79	1290,2	4,87	2061	6,13	537,5	3,13	7	7,07	7,14	7,22	7,28	43,01
	20	47	60,4	1418,9	4,85	2248,3	6,1	589,4	3,12	7,04	7,11	7,18	7,26	7,32	47,41
180	11	48,5	38,8	1216,4	5,6	1933,1	7,06	499,8	3,59	7,67	7,74	7,81	7,88	7,97	30,47
	12	48,9	42,19	1316,6	5,59	2092,8	7,04	540,5	3,58	7,69	7,76	7,83	7,94	7,98	33,12
200	12	53,7	47,1	1822,8	6,22	2896,2	7,84	749,4	3,99	8,48	8,55	8,62	8,69	8,76	36,97
	13	54,2	50,85	1960,8	6,21	3116,2	7,83	805,4	3,98	8,5	8,58	8,64	8,71	8,79	39,92
	14	54,6	54,6	2097	6,2	3333	7,81	861	3,97	8,52	8,6	8,66	8,73	8,81	42,8
	16	55,4	61,98	2362,6	6,17	3755,4	7,78	969,7	3,96	8,56	8,64	8,7	8,77	8,87	48,65
	20	57	76,54	2871,5	6,12	4560,4	7,72	1181,9	3,93	8,65	8,72	8,79	8,86	8,96	60,08
	25	58,9	94,29	3466,2	6,06	5494	7,63	1438,4	3,91	8,74	8,81	8,88	8,95	9,05	74,02
	30	60,7	111,54	4019,6	6	6351,1	7,55	1698,2	3,89	8,83	8,9	8,97	9,05	9,14	87,56
220	14	59,1	60,38	2814,4	6,83	4470,2	8,6	1158,6	4,38	9,31	9,37	9,45	9,52	9,59	47,4
	16	60,2	68,58	3175,4	6,8	5045,4	8,58	1305,5	4,36	9,35	9,42	9,49	9,56	9,63	53,83
250	16	67,5	78,4	4717,1	7,76	7492,1	9,78	1942,1	4,98	10,55	10,62	10,68	10,75	10,82	61,55
	18	68,3	87,72	5247,2	7,73	8336,7	9,75	2157,8	4,96	10,59	10,65	10,72	10,8	10,9	68,86
	20	69,1	96,96	5764,9	7,71	9159,7	9,72	2370	4,94	10,62	10,69	10,76	10,83	10,93	76,11
	22	70	106,12	6270,3	7,69	9961,3	9,69	2579	4,93	10,67	10,74	10,81	10,88	10,97	83,31
	25	71,1	119,71	7006,4	7,65	11125,5	9,64	2887,3	4,91	10,72	10,79	10,86	10,93	11	93,97
	28	72,3	133,12	7716,9	7,61	12243,8	9,59	3189,9	4,9	10,78	10,85	10,92	10,99	11,5	104,5

Таблицы детализовочного чертежа

Спецификация металла									
Отпр. марка	Сбор. мар.	К-во		Сечение	Длина	Масса, кг			Примечание
		т	н			шт.	общ.	о. м.	
15	10	7,5	7,5	35	20	15	15	15	30
170									

Таблица отправочных марок							
Отпр. марка	К-во	Масса, кг		Отпр. марка	К-во	Масса, кг	
		марки	общий			марки	общий
Общая масса конструкции по чертежу							
25	10	25	25	25	10	25	25
170							

Условные изображения болтов (выборка из ГОСТ 21.502-2007)

Наименование	Изображение
Болт постоянный	
Болт временный	
Болт высокопрочный	
Болт самонарезающий	

Условные изображения сварных швов (выборка из ГОСТ 21.502-2007)

Наименование	Изображение сварного шва		Размеры, мм
	заводского	монтажного	
Шов сварного соединения стыкового – сплошной: а) с видимой стороны; б) с невидимой стороны			
Шов сварного соединения стыкового – прерывистый: а) с видимой стороны; б) с невидимой стороны			
Шов сварного соединения углового, таврового или внахлестку – сплошной: а) с видимой стороны; б) с невидимой стороны			
Шов сварного соединения углового, таврового или внахлестку – прерывистый: а) с видимой стороны; б) с невидимой стороны			
Шов сварного соединения внахлестку, контактный, точечный			
k_f – катет углового шва; l – длина свариваемого участка; a – размер шва			

Принятые сокращения наименований технологических операций

Операции	Сокращенное обозначение
Вальцевать	Вальц.
Гнуть	Гн.
Фрезеровать один торец	Фр. 1 т.
Фрезеровать два торца	Фр. 2 т.
Строгать одну продольную кромку	Стр. 1 пр.
Строгать две продольные кромки	Стр. 2 пр.
Строгать по периметру	Стр. по пер.
Косой рез	Кос. рез
Фасонный лист	Ф. л.
Снять фаску	Сн. ф.
Строгать обушок	Стр. об.
Строгать одну плоскость	Стр. 1 пл.
Фрезеровать одну плоскость	Фр. 1 пл.
Механическая обработка	▽

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* – М.: Минстрой России, 2017. – 140 с.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: Минстрой России, 2016. – 80 с.
3. Металлические конструкции : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – 13-е изд., испр. – М.: Издательский центр "Академия", 2011. – 688 с. – (Сер. Бакалавриат).
4. Абаринов А. А. Составление детализованных чертежей металлических конструкций. – М. Стройиздат, 1977. – 60 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения.....	3
1. Исходные данные.....	3
2. Определение нагрузок на ферму.....	5
2.1. Постоянная нагрузка.....	5
2.2. Снеговая нагрузка.....	7
3. Определение расчетных усилий в стержнях фермы.....	7
4. Подбор сечений стержней фермы.....	9
5. Расчет сварных швов прикрепления элементов решетки фермы к фасонкам.....	13
6. Рекомендации по оформлению рабочего чертежа фермы.....	15
Приложения.....	19
Список литературы.....	26