

Стальные фермы.

План.

1. Общие сведения. Типы ферм и генеральные размеры.
2. Расчет и конструирование ферм.

1. Общие сведения. Типы ферм и генеральные размеры.

Фермой называется стержневая конструкция, концы стержней которой соединены в узлах и составляют геометрически неизменяемую систему.

Нагрузка к ферме, как правило, прикладывается в узлах. В этом случае стержни ферм испытывают только осевые усилия растяжения или сжатия.

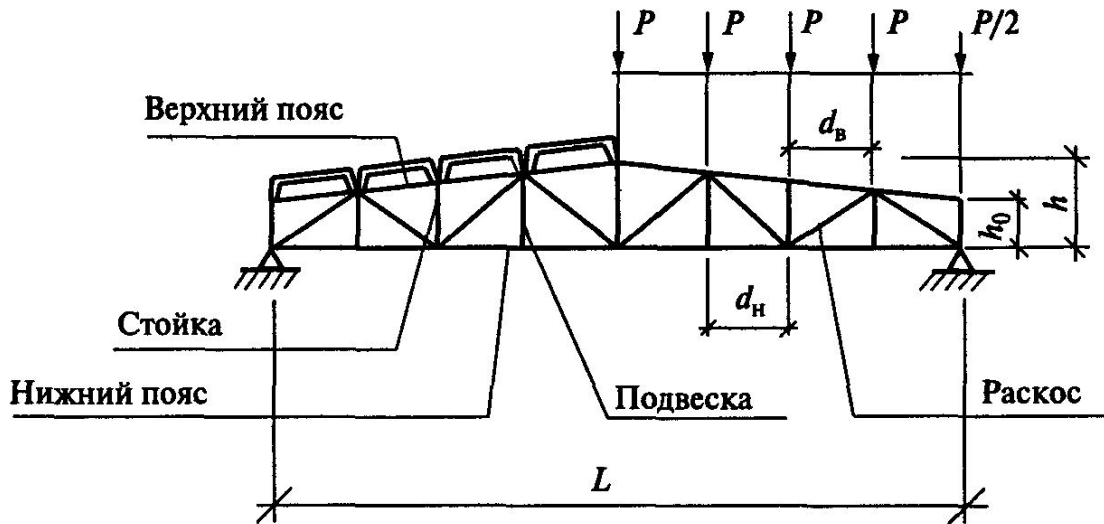
Пролет – это расстояние между опорами фермы.

Верхний пояс - стержни, ограничивающие контур фермы сверху.

Нижний пояс - стержни, ограничивающие контур фермы снизу.

Расстояние между центрами тяжести сечений поясов называется **высотой**.

Вертикальные стержни внутри контура фермы называются **стойками**, а наклонные — **раскосами**. Стойки и раскосы вместе образуют **решетку**. Расстояние между соседними узлами пояса называется **панелью**.

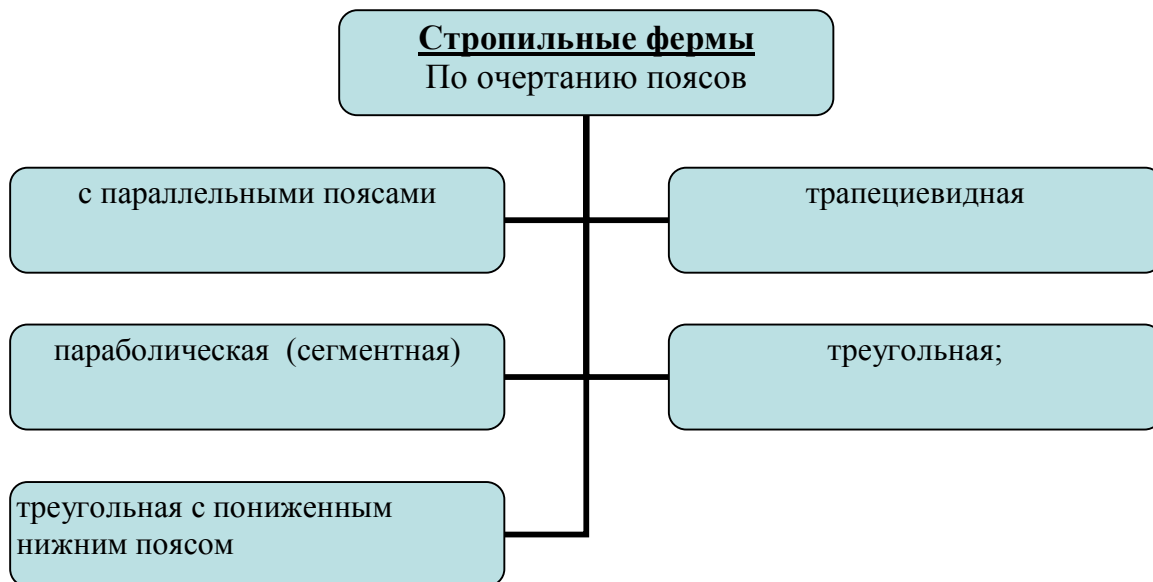


L – пролет; h – высота; $d_в$, $d_н$ – верхняя и нижняя панель.

Стропильные фермы — это фермы для поддержания конструкций кровли. Стропильные фермы обычно опираются на железобетонные или металлические колонны, но могут быть оперты на кирпичные стены или на подстропильные фермы.

Стропильные фермы можно классифицировать по нескольким признакам:

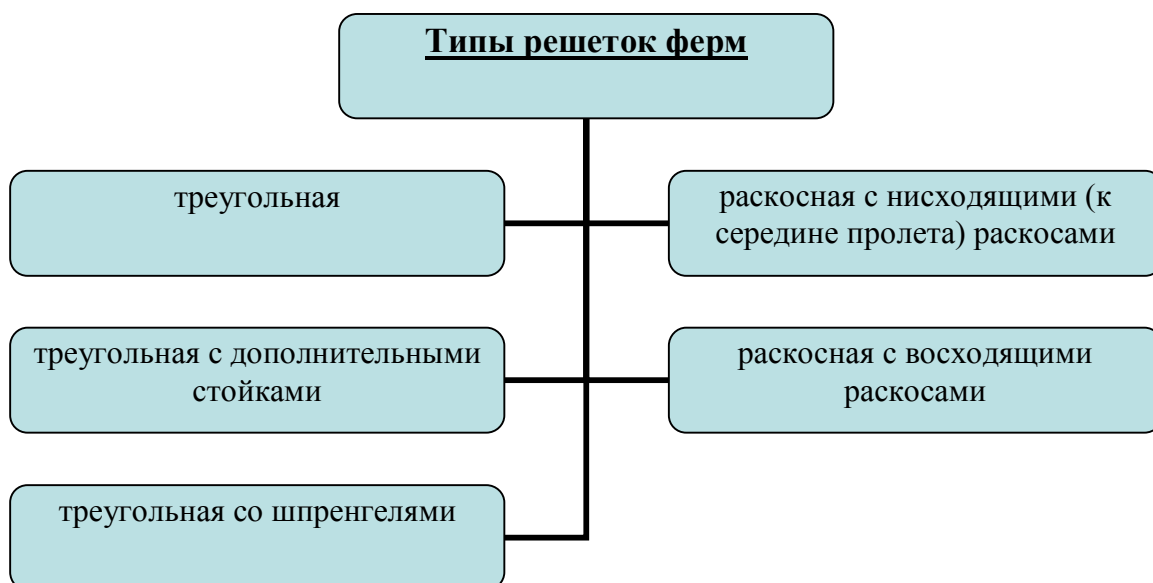
- а) по конструктивному оформлению;
- б) по очертанию поясов;
- в) по типу решетки;
- г) по статической схеме;
- д) по типу поперечных сечений элементов.



Выбор очертания поясов стропильных ферм зависит от размеров перекрываемого пролета, нагрузки и конструкции кровли.

В промышленном строительстве чаще применяются фермы с параллельными поясами (при плоских кровлях) и трапециевидные (при кровлях рулонных и из асбестоцементных или стальных листов), а в гражданском строительстве, кроме того, еще и треугольные.

Систем решетки существует очень много. Решетки всех типов можно применять при любых очертаниях поясов.



Для стропильных ферм с параллельными поясами и трапециевидных наиболее рациональна треугольная решетка с дополнительными стойками. Это объясняется тем, что длина ее зигзага и число узлов меньше.

Применяется в стропильных фермах решетка со шпренгелями, при которой исключается работа верхнего пояса на местный изгиб.

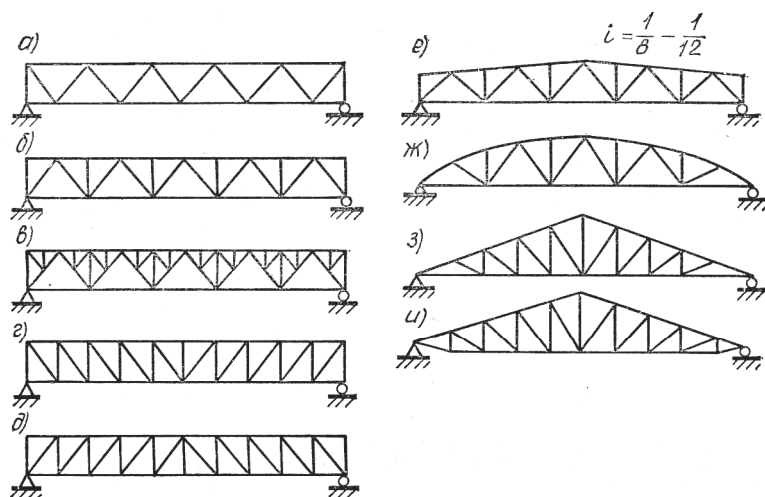


Рис. 9.2. Классификация балочных разрезных ферм по очертанию поясов
a-d — фермы с параллельными поясами; *e* — трапециевидная; *ж* — параболическая или сегментная; *з* — треугольная; *и* — треугольная с пониженным нижним поясом.
 Типы решетки: *a* — треугольная; *б, е, ж* — треугольная с дополнительными стойками; *в* — треугольная со шпренгелями; *г, и, к* — раскосная с нисходящими (к середине пролета) раскосами; *д* — раскосная с восходящими раскосами

Длина панели верхнего пояса зависит от конструкции кровли. В покрытиях со стандартными железобетонными или другими плитами длина панели принята равной их ширине — 3 м.

Генеральные размеры фермы - это ее пролет и высота.

Пролеты ферм обычно назначаются технологами и принимаются кратными модулю 6 м, т. е. 24, 30, 36, 42 м и т. д. Так же как для балок, для ферм существует оптимальная высота, при которой вес фермы будет минимальным. Но на практике высоту фермы в середине пролета принимают меньше оптимальной, чтобы ферма легко перевозилась. Обычно высота трапециевидных ферм и ферм с параллельными поясами принимается в пределах $1/6$ — $1/12$ пролета, что позволяет разбить ферму на две (реже на три) опорочные марки, вписывающиеся в железнодорожный габарит (наибольший размер марки по высоте не должен превышать 3,8 м, а по ширине — 3,2 м). В типовых фермах с параллельными поясами высота на опоре по обушкам уголков принята 3150 мм, а полная высота на опоре 3300 мм для всех пролетов — от 18 до 36 м. Это обеспечивает стандартность деталей креплений. Высота треугольных ферм обычно диктуется уклоном кровли, под которую она проектируется, поэтому ее назначают в пределах $1/2$ — $1/4$ пролета. Оптимальный угол наклона раскосов около 45° . При больших (или малых) углах фасонки получаются очень длинными, поэтому не рекомендуется проектировать раскосы с наклоном меньше, чем 1:2 (и круче, чем 2:1). Используя шпренгели, даже высокие фермы удается конструировать так, что углы наклона их раскосов близки к оптимальному

2. Расчет и конструирование ферм.

2.1. Общий порядок расчета ферм

2.1.1. Перед расчетом ферм принимают материал, из которого они будут изготавливаться, очертание поясов, систему решетки, при этом все принятые параметры должны быть увязаны с конструктивными особенностями перекрываемого здания и сооружения.

2.1.2. Собирают нагрузки, приходящиеся на узлы фермы. При сборе нагрузок учитывают собственный вес фермы и вес связей. Собственный вес учитывается в зависимости от материала фермы и принимается ориентировочно.

2.1.3. Определяют усилия в стержнях фермы. При определении усилий пользуются любым способом, рассматриваемым в технической механике, наиболее простым можно считать построение диаграммы Максвелла-Кремоны.

2.1.4. Производят подбор сечения стержней фермы. Расчет сечения стержней проводится с учетом материала, из которого они выполнены. При расчете стержни рассматриваются как центрально-растянутые или центрально-сжатые элементы.

2.1.5. Производят расчет прикрепления стержней фермы в узлах.

2.1.6. Выполняют окончательное конструирование фермы. При окончательном конструировании сечения стержней (для уменьшения типоразмеров элементов) и конструкция узлов могут быть изменены, но не в ущерб их прочности.

2.2. Особенности расчета стальных ферм.

Проектируя сечение стержней фермы, необходимо учитывать особенности, возникающие в зависимости от материала, из которых они изготавливаются. Для стальных ферм наиболее распространенными являются сечения стержней из двух спаренных уголков или трубчатые. Трубчатое сечение стержней экономичнее по расходу материала, чем сечение из уголков, но фермы с такими стержнями более трудоемки в изготовлении.

В качестве геометрической длины стержней принимают расстояние между центрами узлов. При расчете поясов ферм на устойчивость в плоскости, перпендикулярной плоскости фермы, учитывают расстояние между точками их закрепления (для верхнего пояса — это расстояние между приваренными к поясу плитами покрытия, или прикрепленными к нему прогонами; для нижнего пояса — это расстояние между связями; для элементов решетки — это расстояние между центрами узлов фермы).

Требуемая площадь растянутых стержней определяется из формулы:

$$A_n^{mp} = \frac{N\gamma_n}{R_y\gamma_c}.$$

Для проверки гибкости стержней ферм устанавливаются их расчетные длины которые учитывают характер возможного изгиба стержней и конструктивные особенности прикрепления стержней в узлах. Расчетные длины стержней принимаются в соответствии с требованиями табл. 11 СНиП II-23-81*

Направление продольного изгиба	Расчетная длина l_{ef}		
	поясов	опорных раскосов и опорных стоек	прочих элементов решетки
1. В плоскости фермы:			
а) для ферм, кроме указанных в поз. 1, б	l	l	$0,8l$
б) для ферм из одиночных уголков и ферм с прикреплением элементов решетки к поясам впритык	l	l	$0,9l$
2. В направлении, перпендикулярном плоскости фермы (из плоскости фермы):			
а) для ферм, кроме указанных в поз. 2, б	l_1	l_1	l_1
б) для ферм с поясами из замкнутых профилей с прикреплением элементов решетки к поясам впритык	l_1	l_1	$0,9l_1$

Обозначения, принятые в табл. 11 (рис. 7):
 l – геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов) в плоскости фермы;
 l_1 – расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы (поясами ферм, специальными связями, жесткими плитами покрытий, прикрепленными к поясу сварными швами или болтами, и т. п.

Гибкость стержней определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

При статической нагрузке предельная гибкость растянутых поясов и стержней ферм $[\lambda] = 400$.

Сжатые стержни рассчитываются как центрально-сжатые элементы. При центральном сжатии должны быть обеспечены прочность, устойчивость и ограничивается гибкость. Расчет по прочности производится только в случае наличия ослаблений в расчетном сечении стержней. Если ослаблений нет, то наибольшие по величине напряжения получаются при расчетах устойчивости.

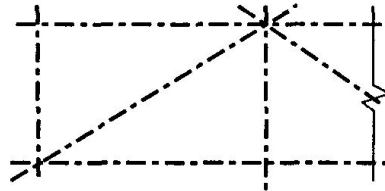
В соответствии с расчетом устойчивости требуемая площадь сечения стержня фермы определяется из формулы:

$$A_n^{mp} = \frac{N\gamma_n}{\varphi R_y \gamma_c}$$

Гибкость сжатых поясов и стержней ферм проверяется по уравнению аналогично проверке гибкости растянутых стержней. Предельная гибкость сжатых стержней: для поясов и опорных раскосов - $[\lambda] = 120$, для прочих раскосов и стоек - $[\lambda] = 150$.

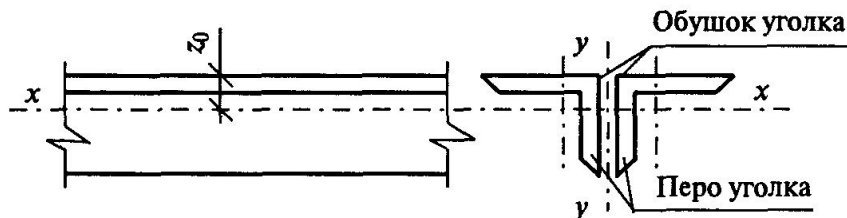
2.3. Особенности конструирования стержней стальных ферм.

Независимо от материалов, из которых выполняется ферма, оси стержней в узлах должны сходиться (пересекаться) в одной точке. В случае если оси не сходятся в одной точке, в узле возникают изгибающие моменты, которые резко ухудшают работу узла.



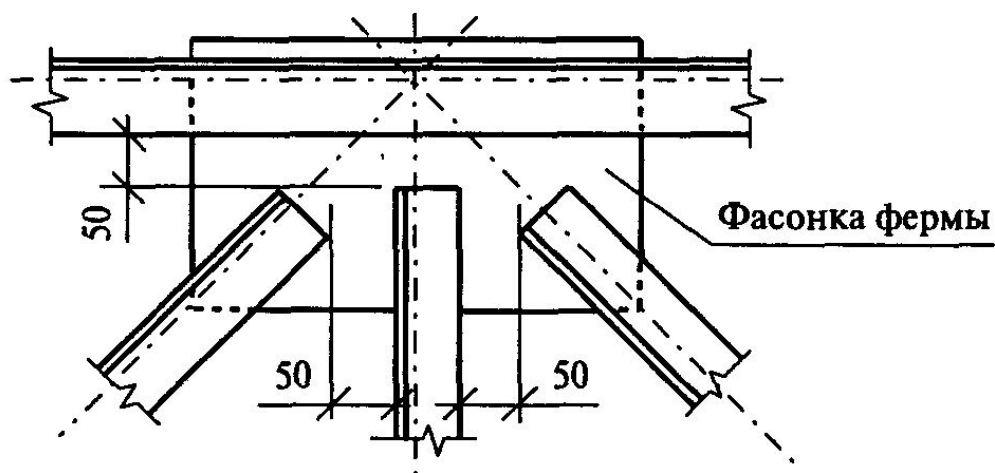
Конструируя стержни стальных ферм, учитывают следующие особенности:

1. Уголки верхнего пояса должны быть обращены обушками вверх, нижнего пояса — вниз; для решеток и стоек эта рекомендация не обязательна.



2. Центр тяжести сечения стержня (расстояние от края обушка до центра тяжести сечения, определяется по сортаменту прокатных элементов) должен совпадать с осевыми линиями фермы.

3. Края стержней решетки не доводятся друг до друга и до поясов фермы на расстояние 50 мм. Это делается для уменьшения сварочных напряжений в фасонках фермы.



4. Для сечений стержней фермы принимают прокатные уголки с размерами полок не менее чем 50x50x5 мм независимо от расчета.
5. Для обеспечения совместной работы уголков устанавливаются стальные соединительные прокладки на расстоянии: не более $40i$ для сжатых стержней и $80i$ для растянутых, где i — радиус инерции одного уголка относительно оси $y-y$.
6. Размеры фасонки определяются из учета размещения на них сварных швов, прикрепляющих стержни фермы. Толщина фасонки принимается одинаковой на всей ферме и определяется по наибольшему усилию в стержнях (при усилиях до 200 кН - $\delta = 8$ мм; 200-500 кН - $\delta = 10$ мм; 500-750 кН - $\delta = 12$ мм).
7. Некоторые требования к сварным швам:
- уголки привариваются к фасонке, как правило, фланговыми швами;
 - наименьшая высота катета шва принимается по табл. 38*СНиП И-23-81*;
 - длина шва вдоль обушка должна быть больше, чем по перу уголка.

Таблица 38*

Вид соединения	Вид сварки	Предел текучести и стали, МПа (кгс/см ²)	Минимальные катеты швов k_f , мм, при толщине более толстого из свариваемых элементов t , мм						
			4-6	6-10	11-16	17-22	23-32	33-40	41-80
Тавровое с двусторонними угловыми швами; нахлесточное и угловое	Ручная	До 430 (4400)	4	5	6	7	8	9	10
		Св. 430 (4400) до 530 (5400)	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая и полуавтоматическая	До 430 (4400)	3	4	5	6	7	8	9
		Св. 430 (4400) до 530 (5400)	4	5	6	7	8	9	10
Тавровое с односторонними	Ручная	До 380 (3900)	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая		4	5	6	7	8	9	10

угловыми
швами

и
полуавт
омати-
ческая

--	--	--	--	--	--	--	--

Примечания: 1. В конструкциях из стали с пределом текучести свыше 530 МПа (5400 кгс/см²), а также из всех сталей при толщине элементов свыше 80 мм минимальные катеты угловых швов принимаются по специальным техническим условиям.

2. В конструкциях группы 4 минимальные катеты односторонних угловых швов следует уменьшать на 1 мм при толщине свариваемых элементов до 40 мм включ. и на 2 мм – при толщине элементов свыше 40 мм.

