

**Тема: Область применения ферм и их типы
Определение усилий в стержнях плоских ферм**

Задание для студентов

1. Ознакомиться с теоретическим материалом
2. Ознакомиться в видеоматериалом по ссылкам:

Ферма из профильной трубы двойная	https://www.youtube.com/watch?v=KZZggkJ0Of0&feature=emb_logo
Ферма арочная	https://www.youtube.com/watch?v=NgcrBBud1tM&feature=emb_logo

3. Составить конспект лекции (объем 5-6 страниц)
4. Изобразить виды ферм в зависимости от их очертания
5. Изобразить элементы фермы (рисунок 1) и схемы соединительного и стыковочного узлов (рисунки 3 и 4)
6. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
7. Предоставить **конспект лекции и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку.
8. **Дополнительное задание:**

Повторить материал предыдущих занятий и ответить на вопросы **контрольного теста** (самопроверка)

С уважением, **Гнатюк Ирина Николаевна**.

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

ЛЕКЦИЯ

План

1. Область применения ферм и их типы
2. Классификация сварных ферм
3. Элементы плоской фермы
4. Узлы фермы:
5. Определение усилий в стержнях плоских ферм

Область применения ферм и их типы

Ферма — стержневая геометрически неизменяемая система, образованная из прямолинейных стержней, соединённых в узлы.

Фермы образуются из прямолинейных стержней, соединённых в узлах в геометрически неизменяемую систему, к которой нагрузка прикладывается только в узлах. В элементах фермы, возникают только усилия растяжения-сжатия, при которых распределение напряжения в их

поперечных сечениях является равномерным, что способствует более полному использованию материала.

В сварных балках при увеличении длины пролета, увеличивается и их высота для обеспечения жесткости конструкции, что приводит к увеличению веса материала.

Фермы применяют вместо балок, если длина пролета превышает 30-35м. Фермы, как и балки, работают, в основном, на **поперечный изгиб**.

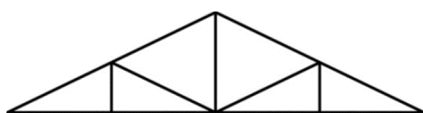
Классификация сварных ферм

По положению в пространстве

- плоская
- пространственная

По очертанию ферм

1) треугольная



Применяется при необходимости задать значительный уклон кровли.

Недостатки :

- сложность конструктивного исполнения опорного узла (только шарнирное сопряжение фермы с колонной, при котором снижается жесткость здания),
- стержни решетки в средней части фермы получаются слишком длинные, что приводит к перерасходу металла.

2) трапецидальная



Преимущества:

- более простая конструкция узлов по сравнению с треугольной,
- позволяет устроить жесткий рамный узел, что повышает жесткость всего каркаса здания.
- решетки таких ферм не имеют длинных стержней в середине пролета

3) с параллельными поясами



Применяется как основной тип в покрытиях зданий

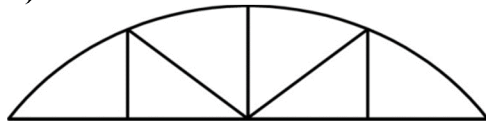
Особенности:

- равные длины элементов решетки,
- одинаковые схемы узлов,
- повторяемость элементов и деталей,

Преимущество - возможность унифицировать конструктивную схему, и механизировать изготовление.

Недостаток - не экономичны по расходу стали

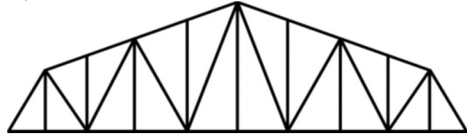
4) сегментная



Достоинство – в теории позволяет изготовить такую ферму со значительной экономией по расходу стали,

Недостаток – сложность изготовления и трудоемкость производства, в связи с чем, практически не применяются.

5) полигональная



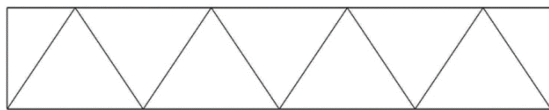
Применяется в основном только для конструирования тяжелых ферм больших пролетов и мостовых конструкциях.

Очертания близки к сегментной, с переломом пояса в каждом узле, но без применения криволинейных участков.

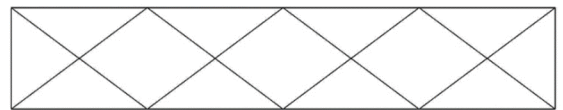
Усилия в поясах практически постоянны, что дает полное использование материала поясов фермы.

По схемам решеток

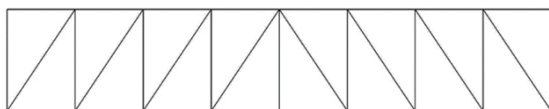
Треугольная



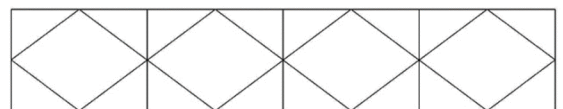
Перекрестная



Раскосная



Ромбическая



Крестовая



Полураскосная



Безраскосная



Шпренгельная



Шпренгельные системы — это стержневые системы, содержащие в себе дополнительные элементы для уменьшения длины панели (изгибающих моментов), а также для увеличения жёсткости всей системы. Устанавливаются по верхнему (рисунок) или нижнему поясам.

При выборе типа решетки отдают предпочтение тем системам, в которых меньше сжатых стержней и в которых меньше их длина.

Конструкция и основные элементы сварных ферм

Строительная ферма (рисунок 1) — это металлическая структура, состоящая из отдельных наклонных раскосов или вертикальных стоек, которые соединены между собой в отдельные узлы, расположенные на нижнем и верхнем поясе фермы с помощью сварных соединений, их совокупности образуют жесткую конструкцию. Связанные стойки равномерно распределяют нагрузку по всей конструкции фермы, которая передает ее через опорные колонны на фундамент. При этом верхний пояс работает на осевое сжатие, а нижний на растяжение.

Соединенные между собой раскосы образуют треугольник, который считается самой прочной геометрической фигурой. Поэтому практически любая конструктивная схема фермы, независимо от ее вида, состоит из набора определенного количества не изменяющихся геометрических фигур в виде треугольников.

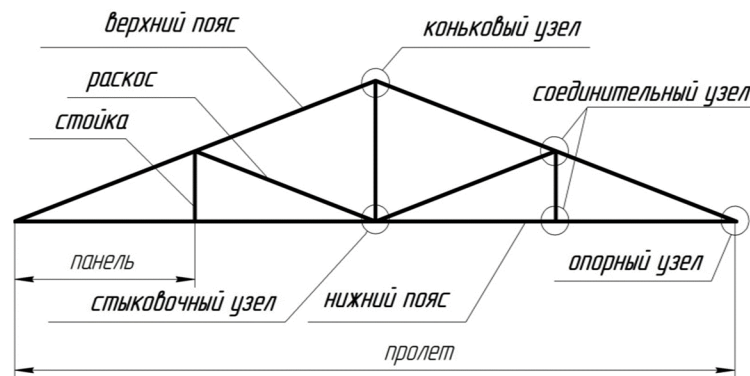


Рисунок 1 – Элементы плоской фермы

Узел фермы – место, где сходятся несколько стержней

- Соединительный
- Стыковочный
- Опорный
- Коньковый

Панель фермы – расстояние между двумя соседними узлами,

Пролет – расстояние между опорами фермы,

Стойки - элементы, расположенные вертикально между верхним и нижним поясом. Предназначены для восприятия основной нагрузки. Работают на сжатие.

Раскосы - наклонные стойки, которые связывают узлы на верхнем и нижнем поясе устройства. Устанавливаются под углом 45 градусов и работают на сжатие и растяжение.

Верхний пояс - горизонтальная, наклонная, радиусная или ломаная балка, к которой крепятся все верхние соединительные узлы стоек.

Нижний пояс - горизонтальная продольная балка, на которой расположены нижние соединительные узлы стоек или раскосов.

Фасонка – металлический лист для соединения стержней в узлах фермы

- Высота фасонки определяется расчетом при условии, что длина концевых участков достаточна для размещения сварных швов.

- *Длина* фасонки устанавливается проверкой условий прочности.
- *Толщина* фасонки должна быть по возможности несколько больше толщины прикрепляемых к ней элементов.

Узлы фермы

Узлы ферм - место сопряжения отдельных стержневых элементов.

Чаще всего узловые сопряжения осуществляются с применением фасонок.

Соединительный узел - место соединения стержней (раскосов и стоек) с поясами

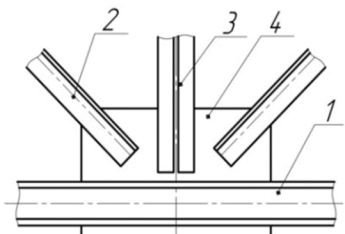


Рисунок 2 – Соединительный узел

1 – нижний пояс фермы, 2 – раскос, 3 – стойка

Стыковочный узел – место соединения частей нижнего пояса сварной фермы при значительных размерах пролета фермы (более 2м)

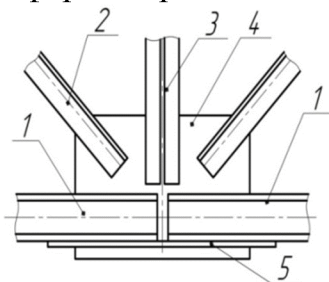


Рисунок 3 – Стыковочный узел

4 – фасонка 5 - планка

Опорный узел - место соединения нижнего и верхнего поясов фермы и установки шарнирных опор (подвижной или неподвижной)

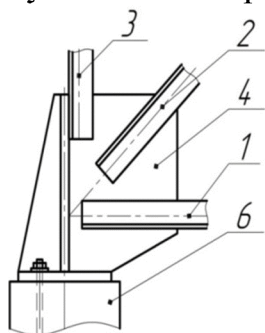


Рисунок 4 – Опорный узел

6 – опора фермы

Коньковый узел - узел в вершине двускатной фермы

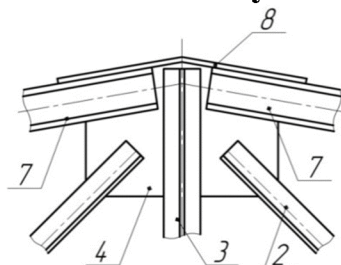


Рисунок 5 – Коньковый узел

7 – верхний пояс фермы

8– накладка

Определение усилий в стержнях плоских ферм

Для упрощения расчета стержневых систем пренебрегают изгибающими моментами в узлах, появление которых является возможным в связи с тем, что действительное конструктивное оформление узлов не является шарнирным и прикрепление всех стержней осуществляется их жестким соединением с узловыми фасонками. Однако возникающие при этом изгибающие моменты в большинстве случаев сравнительно невелики и поэтому не создают в стержнях больших дополнительных напряжений. Этому способствует длина стержней ферм, которая достаточно велика по сравнению с размерами их поперечных сечений, а габариты узловых фасонок также сравнительно невелики.

Такое допущение равноценно положению о том, что все узлы являются шарнирами и не препятствуют повороту стержней в плоскости фермы.

Для упрощения расчета необходимо, кроме того, при проектировании обеспечить выполнение еще следующих условий:

- оси всех стержней должны располагаться в одной плоскости и быть прямолинейными;
- оси всех стержней, сходящихся в узле, должны пересекаться в одной точке;
- плоскость фермы должна совпадать с плоскостью действия нагрузки.

Практически ни одно из перечисленных выше условий с абсолютной точностью не выполняется, в связи с чем определенные таким образом усилия в стержнях ферм, а следовательно, и вычисленные по ним напряжения рассматриваются лишь как основные, с которыми будут суммироваться дополнительные напряжения, возникающие в результате нарушения указанных выше условий.

Методика расчета

При аналитическом определении усилий в стержнях ферм применяют метод сечений. При этом фермы мысленно разрезаются на две части, из которых одна отбрасывается, а ее действие заменяется соответствующими усилиями, приложенными в рассеченных стержнях так, чтобы эти усилия уравновешивались с оставшимися внешними силами и опорной реакцией.

Для сохранения статической определимости задачи такое сечение может быть произведено одновременно не более чем по трем стержням.

Используя далее способ моментов и проекций (способ Риттера), можно, на основании уравнений равновесия статики, составить три уравнения, необходимые для определения усилий, действующих в этих стержнях.

Пример расчета

Применение метода сечений может быть проиллюстрировано на примере расчета фермы, имеющей раскосную решетку и нагруженную рядом сосредоточенных сил, приложенных в узлах верхнего пояса (рис. 1).

Для определения реакции на опоре A , исходя из условий равновесия, можно составить уравнение моментов относительно точки B .

При этом будем иметь

$$R_a 6d - P_1 5d - P_2 4d - P_3 3d - P_4 2d - P_5 d = 0,$$

откуда

$$R_a = \frac{5P_1 + 4P_2 + 3P_3 + 2P_4 + P_5}{6}$$

Реакция на опоре B будет равна: $R_b = \sum P - R_a$.

Проведя сечение mn , проходящее через пояс и раскос второй панели, и отбрасывая правую часть фермы, заменим ее действие усилиями N_b , N_a и S , приложенными к рассеченным поясам и к раскосу.

Уравнения моментов для оставшихся сил и усилий в этих стержнях относительно точек их попарного пересечения O_1 , O_2 и O_3 будут иметь (рис. 1, б) следующий вид:

$$R_a 2d - N_b h_1 - P_1 d = 0;$$

$$R_a d - N_a h_2 = 0;$$

$$R_a h_0 - P_1 (d + h_0) - S h_3 = 0.$$

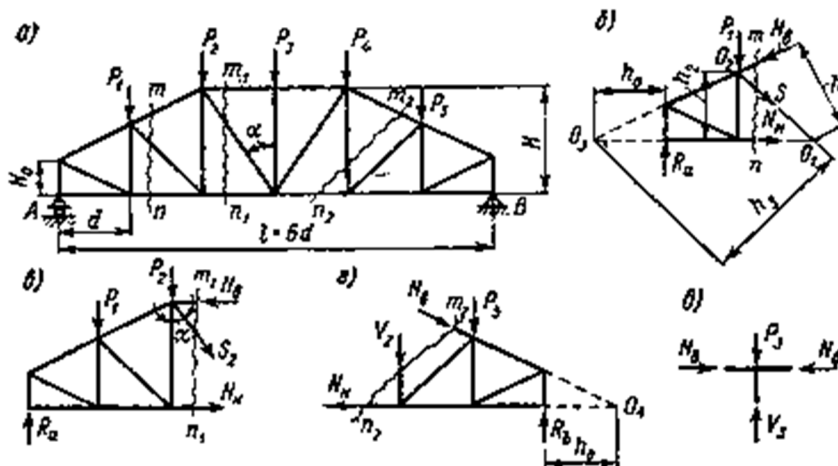


Рисунок 1 – Определение усилий в стержнях:

а – расчетная схема фермы;

б, в, г, д – схемы действия сил в отсеченных частях и в вырезанном узле

Отсюда искомые усилия в стержнях найдутся следующим образом:

$$N_b = \frac{2d}{h_1} R_a - \frac{d}{h_1} P_1$$

$$N_a = \frac{d}{h_2} R_a$$

$$S = \frac{h_0}{h_3} R_a - \frac{h_0 + d}{h_3} P_1$$

Все входящие в эти выражения значения размеров определяются заданной геометрической схемой фермы и ее размерами, Усилия R_a и P_1 по условиям самой задачи также являются величинами известными.

Поэтому задача по определению усилий в стержнях фермы может считаться решенной при условии, когда известна ее расчетная схема

(геометрическая схема фермы и действующие на нее нагрузки).

Подобным образом могут быть найдены усилия в поясах для других панелей, а также и усилия в раскосах панелей, расположенных в участках фермы, имеющих наклонный верхний пояс (в данном случае в раскосах крайних участков фермы).

Для определения усилий в раскосах участка фермы, имеющего параллельные пояса (в данном случае для среднего участка) необходимо составлять уравнение исходя из условия равновесия для суммы проекций всех сил на вертикальную ось (так как для этого случая уравнение моментов использовано быть не может).

В соответствии с рисунком 2, е, будем иметь

$$R_a - P_1 - P_2 - S_2 \cos \alpha = 0,$$

откуда

$$S_2 = \frac{R_a - P_1 - P_2}{\cos \alpha}.$$

Для определения усилия в стойке необходимо сделать сечение m_2n_2 проходящее через пояса и стойку (рисунок 2, з), тогда, составляя уравнение равновесия по моментам относительно точки O_4 , будем иметь

$$V_2 (2d + h_0) + P_5 (d + h_0) - R_b h_0 = 0$$

откуда получим

$$V_2 = \frac{R_b h_0 - P_5 (d + h_0)}{2d + h_0}.$$

Для определения усилия в средней стойке фермы следует воспользоваться способом вырезания узла. При этом, составляя условие равновесия по сумме проекций на вертикальную ось, в соответствии с рисунком 2, д, будем иметь

$$V_3 = P_3.$$

Применяя способ вырезания узла также и для определения усилий в опорных стойках, будем иметь

$$V_0 = R_a; \quad V_6 = R_b.$$

Применяя способ вырезания узла к опорным узлам и составляя уравнения равновесия по сумме проекций всех сил на горизонтальную ось, можно убедиться в том, что крайние панели нижнего пояса оказываются совсем ненагруженными, т. е. для данных условий они являются нулевыми стержнями фермы.

Контрольные вопросы:

1. В чем отличие фермы от балки?
2. Что общего и в чем различие сегментной и полигональной фермы?
3. Для чего применяют шпренгельные системы?
4. Как Вы понимаете унификацию конструктивной схемы фермы?
5. Как выбрать рациональный вид решетки фермы?
6. Почему соединенные между собой раскосы фермы всегда образуют треугольник?

7. В чем отличие конструкции соединительного и стыковочного узлов фермы?
8. Какую форму имеет верхний пояс фермы?
9. Какую форму имеет нижний пояс фермы?
10. Что представляет собой фасонка и как определяются ее размеры
11. Какими двумя способами можно определить расчетные усилия в стержнях ферм?
12. Из какого количества стоек раскосов состоит ферма, показанная на рис.1?
13. В чем заключается способ вырезания узлов?
14. В чем заключается метод сечений?
15. Какие условия (упрощения) должны выполняться для упрощения расчета усилий в стержнях фермы?
16. Чему равно усилие в стержнях опорных узлов?

Контрольный тест по теме «Сварные фермы»

Выбрать правильный вариант ответа

1. Верно ли утверждение?

Ферма - это стержневая система, в которой нагрузка может быть приложена в любом сечении стержней.

А – верно, Б – неверно

2. Верно ли утверждение?

В элементах фермы, возникают только усилия растяжения-сжатия

А – верно, Б – неверно

3. Верно ли утверждение?

Фермы применяются вместо балок, если длина пролета незначительна

А – верно, Б – неверно

4. Верно ли утверждение?

Узел фермы – место, где сходятся несколько стержней

А – верно, Б – неверно

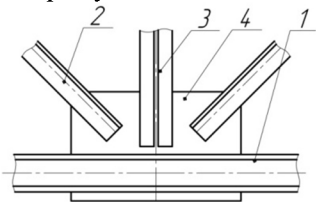
5. Верно ли утверждение?

Пролет – расстояние между двумя соседними узлами

А – верно, Б – неверно

6. Верно ли утверждение?

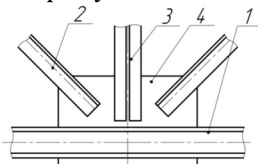
На рисунке поз.1 - пояс фермы



А – верно, Б – неверно

7. Верно ли утверждение?

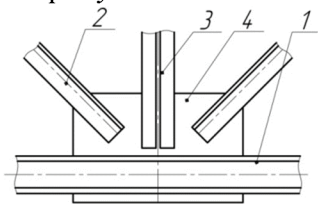
На рисунке поз.2 - раскос



А – верно, Б – неверно

8. Верно ли утверждение?

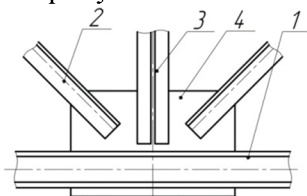
На рисунке поз.4 - стенка



А – верно, Б – неверно

9. Верно ли утверждение?

На рисунке поз.3 - стойка



А – верно, Б – неверно

10. Верно ли утверждение?

Панель фермы – расстояние между опорами фермы

А – верно, Б – неверно

11. Верно ли утверждение?

Фасонка – металлический лист для соединения стержней в узлах фермы

А – верно, Б – неверно

12. Верно ли утверждение?

Шпренгельные системы — это стержневые системы с дополнительными элементами для повышения жесткости фермы

А – верно, Б – неверно

13. Верно ли утверждение?

Нижний пояс фермы - горизонтальная или наклонная балка, на которой расположены нижние соединительные узлы стоек или раскосов.

А – верно, Б – неверно

14. Верно ли утверждение?

Стыковочный узел в фермах применяется, если длина пролета превышает 2 м

А – верно, Б – неверно

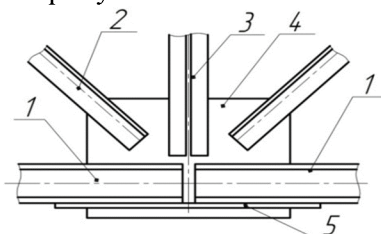
15. Верно ли утверждение?

При расчете сварной фермы принимают, что плоскость фермы не совпадает с плоскостью действия нагрузки

А – верно, Б – неверно

16. Верно ли утверждение?

На рисунке показан стыковочный узел фермы



А – верно, Б – неверно

17. Верно ли утверждение?

При расчете сварной фермы принимают, что все стержни узла прямолинейны и располагаются в одной плоскости

А – верно, Б – неверно

18. Верно ли утверждение?

Сплошные сечения применяются для конструкций, воспринимающих статическую нагрузку

А – верно, Б – неверно

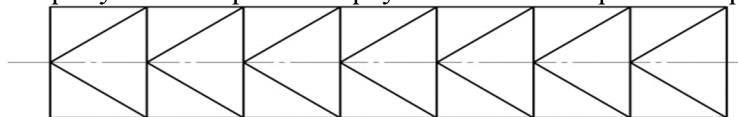
19. Верно ли утверждение?

При аналитическом определении усилий в стержнях ферм применяют метод вырезания узлов или метод сечений.

А – верно, Б – неверно

20. Верно ли утверждение?

На рисунке изображена треугольная схема решетки фермы



А – верно

Б – неверно

21. Верно ли утверждение?

Раскосы и стойки ферм воспринимают только продольные силы, причем противоположных знаков

А – верно, Б – неверно

22. Верно ли утверждение?

Сегментные фермы сложны в изготовлении и поэтому заменяются полигональными

А – верно, Б – неверно

23. Верно ли утверждение?

При изготовлении ферм используют все виды труб

А – верно, Б – неверно

24. Верно ли утверждение?

Толщина фасонки не всегда равна толщине прикрепляемых к ней элементов.

А – верно, Б – неверно

25. Верно ли утверждение?

Изображенная на рисунке решетчатая металлоконструкция - ферма



А – верно,

Б – неверно