

## ВАЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ!

Уважаемые студенты группы ДС<sub>11</sub>-21!

В соответствии с календарным семестровым планом **МДК.02.01 Основы расчета и проектирования сварных конструкций** предусмотрено 25 лекций и 10 практических работ.

Для получения **ХОРОШЕЙ** оценки в течение семестра Вам необходимо составить не менее **14** конспектов лекций и выполнить не менее **6** практических работ. Лекции должны быть выполнены в соответствии с заданием и в необходимом объеме. Практические работы должны быть **зачтены**. Ответы на контрольные вопросы **обязательны**, если это предусмотрено заданием.

МДК02.01 Основы расчета и проектирования сварных конструкций

### **Тема: Подбор сечений стержней ферм. Конструирование и расчет узлов ферм**

#### **Задание для студентов**

- 1 Ознакомиться с теоретическим материалом
- 2 Составить конспект лекции
- 3 Изобразить виды сечений сварных ферм (рисунки 1 и 2)
- 4 Заполнить таблицу напряжений в сечениях фасонки узла фермы

Сечение фасонки	Формула для определения напряжений		
	Нормальное	Касательное	Суммарное
по основанию			
срединное			

- 5 Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
- 6 Предоставить **конспект лекции и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку в течение трех дней со дня выдачи задания.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна*.

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

Работы отправлять на электронную почту [ira.gnatyuk60@inbox.ru](mailto:ira.gnatyuk60@inbox.ru)

## ЛЕКЦИЯ

**Тема:** Подбор сечений стержней ферм

**Цели:** 1) Ознакомить студентов с типами сечений сварных ферм и порядком их подбора

2) Подготовиться к выполнению практической работы №17

## План

1. Типы сечений сварных ферм
  - Сечения из прокатных профилей
  - Сплошные сечения
2. Подбор сечений
3. Виды узловых сопряжений
4. Стыковочный узел фермы
5. Расчет напряжений сечениях фасонки узла фермы
6. Условие прочности узлов фермы

### Типы сечений сварных ферм

#### 1. Сечения из прокатных профилей

Применяются в фермах, работающих при *статической нагрузке*.

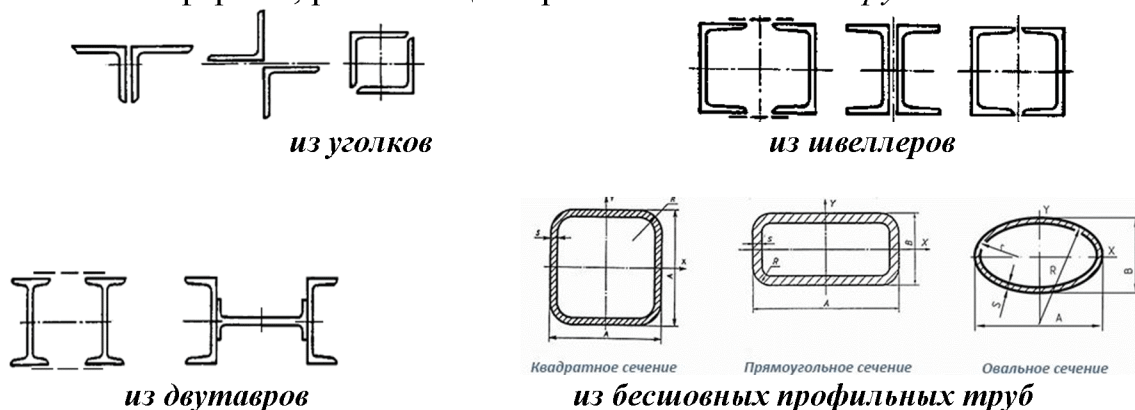


Рисунок 1 – Сечения сварных ферм из прокатных профилей

Стержни, составлены из отдельных ветвей, связанных между собой соединительными планками или решетками. Являются менее трудоемкими.

#### 2. Сплошные сечения

Применяются для конструкций, работающих при вибрационной нагрузке, для которых нежелательны связующие элементы (концентраторы напряжений).

Состоят из отдельных полос, связанных между собой непрерывными швами (простое конструктивное оформление).

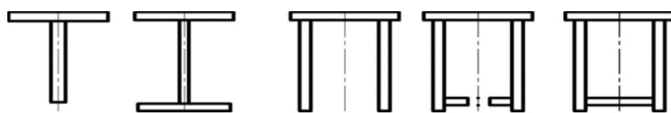


Рисунок 2 – Сплошные сечения сварных ферм

При выборе сечений сжатых стержней следует стремиться к тому, чтобы гибкости стержней в плоскости фермы и из плоскости ее были приблизительно равны, т. е.

$$\lambda_x = \lambda_y \quad \text{или} \quad \frac{l_x}{r_x} = \frac{l_y}{r_y}.$$

Для центрального сжатого стержня минимальная площадь сечения

получится при максимальном значении коэффициента  $\phi$ , зависящего от гибкости стержня  $\lambda$  и от рода его материала. Требуемая площадь сечения определяется методом последовательного приближения. Для первого приближения можно задаться: для поясов  $\phi = 0,65 \dots 0,8$ ; для элементов решетки  $\phi = 0,5 \dots 0,6$ .

При малых усилиях в стержнях подбор сечений производится исходя из предельной гибкости  $\lambda$ .

При подборе сечений стержней ферм следует стремиться также к тому, чтобы число применяемых профилей проката и их различных номеров было по возможности минимальным.

Все стержни ферм должны удовлетворять условиям прочности. Сжатые стержни, кроме того, должны удовлетворять условию устойчивости. В необходимых случаях элементы ферм должны проверяться также и на выносливость.

### Подбор сечений

Основные типы сечений сварных ферм приведены на рисунках 1 и 2. Сечения, составленные из прокатных профилей, являются менее трудоемкими и рекомендуются к применению в фермах, работающих при статической нагрузке, когда допускается применение стержней, составленных из отдельных ветвей, связанных между собой соединительными планками или решетками.

Для конструкций, воспринимающих вибрационную нагрузку, для которых концентраторы напряжений, создаваемые связующими элементами, являются нежелательными, более целесообразным является применение сплошных сечений, состоящих из отдельных полос, связанных между собой непрерывными швами. Применение стержней со сплошными сечениями облегчает также конструктивное оформление узлов с плавными переходами, устраняющими концентраторы напряжений.

При подборе сечений растянутых элементов необходимо обеспечить выполнение обычного условия прочности  $\frac{N}{F} \leq R$ , но при этом их гибкость не должна превышать предельных значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Гибкость растянутых элементов

Наименование элементов	Допустимая гибкость $\lambda$ при действии нагрузок	
	динамической	статической
Пояса и опорные раскосы ферм	250	400
Прочие элементы фермы	350	400
Элементы связей	400	400

Сжатые элементы, кроме расчета на прочность, проверяются на устойчивость по формуле

$$N\phi F \leq R$$

При этом гибкость сжатых элементов не должна превышать предельных значений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Наименование элемента	Допустимая гибкость $\lambda$
Пояса: опорные раскосы и стойки ферм	120
Прочие элементы ферм	150
Элементы связей	200

При определении гибкости стержней *в плоскости фермы* за расчетную длину следует принимать: для поясов и опорных раскосов, рассматриваемых как продолжение верхнего пояса, — расстояние между центрами смежных узлов; для прочих элементов решетки, учитывая упругое защемление их концов в узлах фермы, — расстояние между центрами присоединений.

При определении гибкости *не в плоскости фермы* за расчетную длину сжатого пояса следует брать расстояние между его узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы, а для элементов решетки — их теоретическую длину, т. е. расстояние между центрами узлов.

### Узлы ферм

Узлы ферм представляют собой место сопряжения отдельных стержневых элементов. В большинстве случаев узловые сопряжения осуществляются с применением фасонки, габариты которых определяются условиями соответствующего размещения концевых участков стержневых элементов, сходящихся в узле. Длина концевых участков должна быть достаточна для размещения сварных швов, принятых для их крепления.

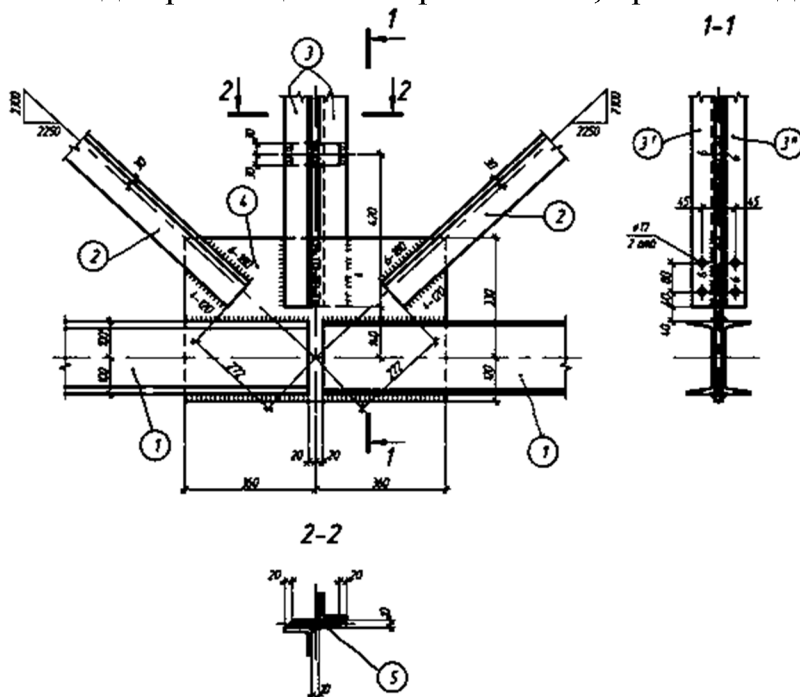


Рисунок 3 - Стыковочный узел фермы

Предназначен для соединения частей нижнего пояса сварной фермы при значительных размерах пролета фермы (более 2м)

Узел состоит из деталей: 1 – стыкуемые части нижнего пояса, 2 – раскосы, 3 – стойки, 4 – фасонка, 5 – подкладка.

Т.к. ферма в целом работает на изгиб, то ее конструктивные элементы воспринимают только продольные силы, причем противоположных знаков

(если раскосы работают на растяжение, то стойки – на сжатие и наоборот).

Размещение концевых участков сходящихся на фасонке элементов следует производить так, чтобы их осевые линии совпадали с линиями, образующими геометрическую схему фермы, и сходились бы в точке их пересечения без эксцентриситета. При этом необходимо избегать скопления швов, что достигается ограничением расстояния между концами сходящихся в узле элементов.

При проверке прочности узлов ферм обычно определяют напряжения в сечениях фасонки, по которым разрушение считается более вероятным.

Длина фасонки устанавливается проверкой условий прочности в сечении по основанию фасонки .

Определенный по указанным выше условиям прямолинейный контур фасонки может быть в случае необходимости увеличен для создания плавных сопряжений в местах перехода от стержневых элементов к фасонке. Получающееся при этом некоторое увеличение габаритов фасонки в расчетный прямолинейный контур фасонки (указанный на рисунке 2, *a* штрихпунктирной линией) не включается.

При проверке прочности узлов ферм обычно определяют напряжения в сечениях фасонки, по которым разрушение считается более вероятным. К числу таких сечений относятся сечение по основанию фасонки, расположенное в месте крепления ее к поясу (сечение 1—1 на рисунке 4,*a*) или параллельное ему сечение по самой фасонке, расположенное у концов прикрепляемых элементов (сечение 2—2).

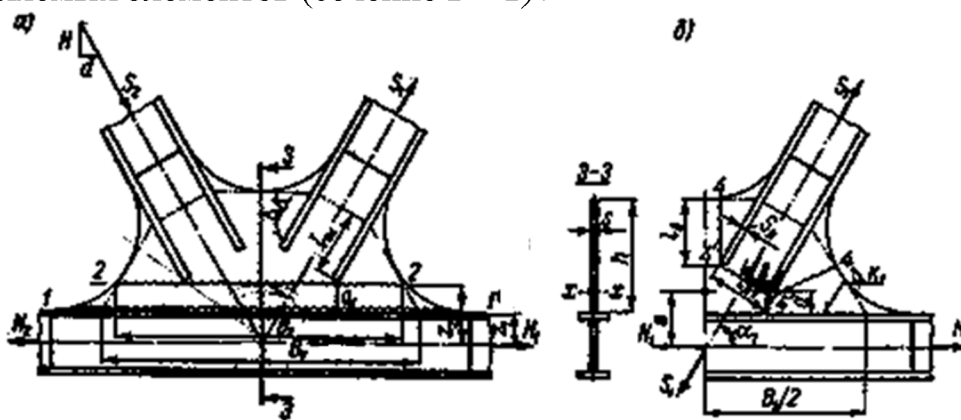


Рисунок 4 – Узел сварной фермы (а) и его расчетные сечения (б)

При определении напряжений в сечении по основанию фасонки (или в сечении, параллельном ему) за основное расчетное усилие принимается разность усилий в смежных панелях пояса. Нормальное напряжение определяется при этом по формуле

$$\sigma = \frac{z \Delta N}{W} .$$

Здесь  $\Delta N = N_2 - N_1$  разность усилий в смежных панелях пояса;

$z$  — расстояние от оси пояса до проверяемого сечения;

$W$ —момент сопротивления проверяемого сечения.

Касательные напряжения в этом сечении определяются по формуле

$$\tau = \frac{\Delta N}{F}.$$

Здесь  $F$  — площадь проверяемого сечения.

Суммарные напряжения в сечении по основанию фасонки определяются по формуле

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}.$$

Проверкой условий прочности в сечении по основанию фасонки устанавливается необходимая ее длина. Ширина фасонки устанавливается при проверке условий прочности в ее срединном сечении (сечение 3—3).

Напряжение в срединном сечении фасонки определяется по формуле

$$\sigma = \frac{\sum N_x}{F} \pm \frac{e \sum N_x}{W},$$

где:  $\sum N_x = N_1 + S_1 \cos \alpha_1$ ;

$N_x$  — наименьшее из усилий, действующих в смежных панелях пояса;

$S_1$  — усилие в раскосе той же панели;

$\alpha_1$  — угол наклона раскоса.

Касательные напряжения в срединном сечении фасонки определяются по формуле

$$\tau = \frac{S_1 \sin \alpha_1}{F}.$$

Прочность фасонки должна быть проверена также и в месте возможного ее вырыва в сечении у конца прикрепляемого элемента (сечение 4—4 на рисунке 4, б).

Условие прочности для этого сечения

$$S = F_n R + 2F_k R_{cp}.$$

Здесь  $F = s l_n$  — площадь сечения лобового участка фасонки (сечение 4'-4');

$F_k = s l_k$  — площадь сечения косоугольного участка фасонки (сечение 4—4).

В этой формуле особенности расположения отдельных участков проверяемого сечения учитываются соответствующим различием в значениях расчетных сопротивлений  $R$  и  $R_{cp}$ .

Фасонка является местом передачи сосредоточенных усилий и поэтому в ней могут быть отдельные участки с концентрацией напряжений. В связи с этим рекомендуется толщину фасонки принимать такой, чтобы она по возможности была несколько больше толщины прикрепляемых к ней элементов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие общие требования предъявляются к стержням ферм?
2. Какие виды труб не применяются для изготовления стержней фермы?
3. Какие сечения применяются для конструкций, работающих при вибрационной нагрузке и почему?

4. По какой формуле проверяются на устойчивость сжатые элементы фермы?
5. Какие элементы фермы имеют максимальную допустимую гибкость (см. табл. 1 и 2)?
6. Какие типы соединений рекомендуются в фермах, работающих под переменными нагрузками?
7. Почему толщину фасонки рекомендуется принимать больше толщины прикрепляемых к ней элементов?
8. В каких сечениях фасонки разрушение наиболее вероятно (опасные сечения)?
9. С какой целью прямолинейный контур фасонки может быть увеличен для создания плавных сопряжений в местах перехода от стержневых элементов к фасонке?
10. Какие виды напряжений возникают в сечениях фасонки?
11. В каком сечении необходимо провести проверку прочности фасонки для определения ее ширины?