

**Тема: Выносливость сварных элементов и узлов сварных ферм**

**Задание для студентов**

- 1 Ознакомиться с теоретическим материалом
- 2 Составить конспект лекции (объем 2-3 страницы).
- 3 На основании рисунка 1 и таблицы 1 выбрать и изобразить конструкцию крепления соединительных планок с самой низкой прочностью
- 4 На основании рисунка 2 и таблицы 2 выбрать и изобразить конструкцию узловых переходов с самой высокой прочностью
- 5 Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
- 6 Представить **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:** Выносливость сварных элементов и узлов сварных ферм

**Цели:** 1) Ознакомить студентов со способами расчета сварных ферм  
2) Подготовиться к выполнению практической работы №17

*План*

1. Выносливость сварных элементов ферм
  - 1.1. С соединительными планками
  - 1.2. С соединительными решетками
2. Выносливость узловых переходов сварных ферм
  - 2.1. С крестовыми соединениями
  - 2.2. С отбортовкой
  - 2.3. С переходом на двустенчатую фасонку

## Выносливость сварных элементов ферм

Различные вспомогательные детали, которые применяются для общего конструктивного оформления отдельных элементов и узлов конструкций (соединительные планки, надставки для крепления связей, диафрагмы и ребра жесткости), создают в местах прикрепления значительные изменения формы, характеризующиеся высокой концентрацией напряжений, и при вибрационной нагрузке могут являться очагами появления преждевременных разрушений.

Соединительные планки и диафрагмы, которые применяются для связи отдельных веток сквозных составных стержней, весьма удобны для конструктивного оформления элементов из готовых прокатных профилей.

Трудоемкость изготовления таких сквозных стержней значительно ниже, чем стержней сплошного сечения. Однако применение их возможно только в конструкциях, воспринимающих статическую нагрузку, так как создаваемая в местах приварки соединительных элементов концентрация напряжений сильно снижает выносливость таких сквозных составных стержней при вибрационной нагрузке.

О выносливости стержней с соединительными планками можно судить по данным, приведенным в таблице 1. На рисунке 1 представлены узлы крепления соединительных планок к образцам. Номера отдельных узлов, указанные на рисунке 1, соответствуют порядковому номеру образца в таблице 1.

Образцы состояли из двух ветвей, каждая из которых представляла собой швеллер, сваренный продольным швом из двух равнобоких уголков 120X16. Отдельные ветви были связаны между собой соединительными планками, расположенными по полкам таких составных швеллеров. Длина образцов 6 м. Испытание их производилось вибрационной нагрузкой при изгибе.

Таблица 1

Эффективные коэффициенты концентрации напряжений  $\beta$  для элементов с соединительными планками (сталь марки Ст3)

образец	Наименование образца	$\beta$
1	С соединительной решеткой, сварной	3,14
2	С соединительными планками, сварной	3,20
3	С соединительными планками ( с выкружками), сварной	2,26
4	С соединительной решеткой, клепанный	2,17
5	С соединительными планками, клепанный	2,09

Результаты испытания показали, что выносливость образцов с соединительными планками очень низкая. Причем, для сварных образцов с соединительными планками, приваренными внахлестку, выносливость является даже более низкой, чем для клепаных образцов. Приварка соединительных планок встык дала несколько более высокие результаты, хотя и их нельзя считать удовлетворительными. Можно полагать, что

тщательная обработка концов соединительных планок после их приварки, обеспечивающая плавные переходы в местах изменения формы поперечного сечения образцов, могла бы обеспечить удовлетворительные результаты по выносливости. Однако большой объем такой дополнительной механической обработки значительно усложнял бы процесс изготовления сквозных составных стержней и сильно понижал бы эффективность их применения по сравнению со стержнями сплошного сечения, не имеющими такого большого количества мест с переменной сечения.

О пониженной выносливости составных сквозных элементов с соединительными решетками или планками свидетельствует также и опыт эксплуатации реальных конструкций, воспринимающих переменные нагрузки и имеющие в своем составе подобные элементы. Много трещин в местах прикрепления соединительных решеток или планок было обнаружено при обследовании пролетных строений железнодорожных мостов.

В связи с этим по Техническим условиям на проектирование и изготовление сварных мостовых конструкций устанавливается, что в сварных элементах составного сечения в качестве соединительных элементов должны применяться сплошные или перфорированные листы. Соединительные планки могут быть допущены только в слабо работающих элементах связей и только в тех случаях, когда по условиям работы элемента крепление планок может быть осуществлено простейшим образом (без выкружек и специальной обработки зон концентрации напряжений).

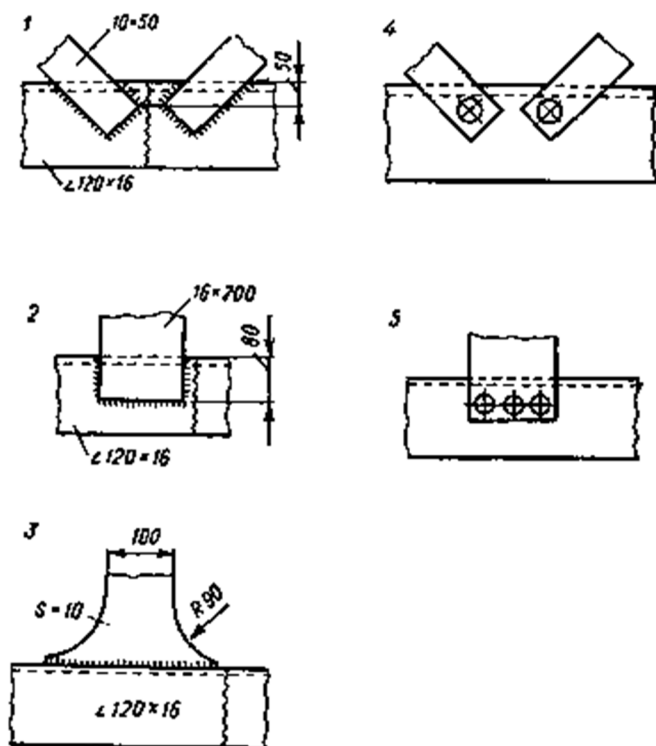


Рисунок 1 – Различные конструкции крепления соединительных решеток и планок

Сварные швы составных элементов со сплошной стенкой во всех случаях должны назначаться непрерывными по всей их длине, и являются

наиболее ответственным местом всей конструкции и характеризуются достаточно сложным напряженным состоянием.

### **Выносливость узлов сварных ферм**

Узлы ферм, являющиеся местом сопряжения пересекающихся стержневых элементов решетки и поясов, нагружаемых осевыми усилиями различных знаков, по условиям работы

Условия прочности в районах продольного и поперечного сечений узловой фасонки могут быть обеспечены сравнительно просто соответствующим выбором размеров фасонки и размеров сварных швов, необходимых для ее крепления. Условие прочности в сечении на фасонке в местах окончания креплений стержневых элементов также может быть удовлетворено за счет выбора размеров фасонки (главным образом за счет ее толщины) и соответствующей формы переходов от концевых участков деталей стержневых элементов к фасонке. Наиболее сложно обеспечить условия прочности по сечению основного элемента в месте его примыкания к внешнему контуру узловой фасонки. Для снижения в этих сечениях концентрации напряжений необходимо обеспечивать постепенное изменение формы в местах перехода, которое должно соответствовать условиям передачи силового потока с основного элемента на узловую фасонку.

В таблице 2 приводятся данные о выносливости узловых уширений различной конструкции, представленных на рисунке 2.

Узловые переходы с крестовыми соединениями полок характеризуются высоким значением предела выносливости. Это значит, что для данной конструкции концентрация напряжений в районе стыкового шва фасонки незначительна, а принятое увеличение площади сечения в опасном месте за счет продления фасонки за начало узлового уширения является вполне достаточным для компенсации имеющейся в нем концентрации напряжений.

Узловой переход с отгибом полок стержневого элемента и окантовкой ими контура фасонки при увеличенной толщине фасонки и при условии применения узких полок также имеет высокое значение предела выносливости и обеспечивает условия равнопрочности. Результаты испытания показывают, что при узких полках условия равнопрочности для узловых переходов этого типа обеспечиваются даже при относительно большом значении площади сечения полок. Увеличение ширины полок снижает предел выносливости узлового перехода.

Таблица 2

Эффективные коэффициенты концентрации напряжений для узловых переходов (сталь М16С)

Образец	Наименование образца	$\beta$
1	Узловой переход с крестовыми соединениями при узких полках	1,0
1а	То же, при широких полках	1,26
2	Узловой переход с отбортовкой при узких полках	1,0
2а	То же, при широких полках	1,26
3	Узловой переход на двустенчатую фасонку при $R = 100\text{мм}$	1,0
-	То же при $R = 100\text{мм}$	1,47
-	Узловой переход на заклепках	2,72

Применение тонких и широких полок приводит к тому, что кромки их в районе закруглений выходят из работы. Это сопровождается соответствующей перегрузкой стенки сечения в районе начального участка узлового уширения. И хотя прочность самой стенки при соответствующей форме ее стыкового шва может быть достаточно высокой, среднее расчетное значение напряжений для всего сечения в целом, по которому производится расчет прочности, оказывается сравнительно низким.

Повышение прочности узловых переходов с отогнутыми полками может быть достигнуто удалением стыка стенки и переносом его в район более равномерного распределения напряжений.

Узлы с двустенчатыми фасонками по своей конструкции и по условиям изготовления являются более простыми, чем узлы с одностенчатыми фасонками. Однако применение узлов с одностенчатыми фасонками, несмотря на их более сложную форму, в ряде случаев может оказаться более целесообразным. Так, например, при одностенчатых фасонках допускается такая ориентировка сечений сжатых стержневых элементов, при которой возможно более рационально использовать в них материал (при наличии промежуточных поперечных связей, уменьшающих в другой плоскости свободную длину).

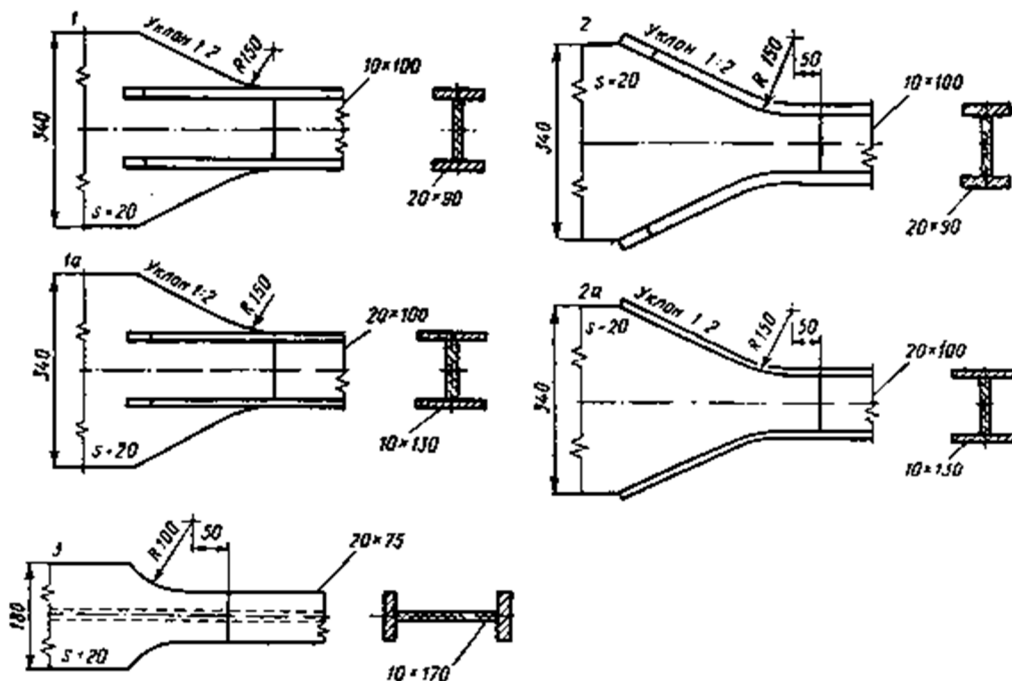


Рисунок 2 – Конструкция узловых уширений, испытанных вибрационной нагрузкой

Узловые переходы клепаных соединений по прочности при действии вибрационной нагрузки значительно уступают всем приведенным здесь сварным узловым переходам.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие соединительные элементы должны применяться в качестве соединительных в мостовых конструкциях согласно Техническим условиям на проектирование и изготовление?
2. Каким образом могут быть обеспечены условия прочности в районах продольного и поперечного сечений узловой фасонки?
3. Какова прочность клепаных соединений по сравнению со сварными? Почему?