

# Усиление стальных конструкций



При недостаточной несущей способности отдельных элементов, конструкций или зданий и сооружений производится их усиление, при это, так же как и при конструкциях из других материалов, необходимо предусмотреть минимальные потери из-за остановок технологического цикла.

Элементы сварочных конструкций, испытывающие растяжение, сжатие или изгиб, могут быть усилены увеличением сечений путем приварки новых дополнительных деталей. Несущая способность элемента при этом возрастает с увеличением его сечения или жесткости. Однако, нагрев элементов в процессе сварки может снижать его несущую способность. Степень снижения зависит от режима сварки, толщины и ширины элемента, в направлении сварки. Для продольных швов снижение прочности не превышает 15 %, для поперечных может достигать 40 %. Поэтому наложение швов поперек элементов при его усилении под нагрузкой не производится.

В связи с некоторой потерей прочности элементов при сварке, а также при перераспределении напряжений как по сечению элемента, так и между элементами усиление под нагрузкой производится при напряжениях не превышающих

Способы усиления стальных конструкций

Увеличение несущей способности

Повышение пространственной жесткости

Увеличение сечения

Усиление соединений

Постановка дополнительных элементов: диафрагм, ребер, распорок

Изменение конструктивной схемы

Подведение новых конструкций

Устройство дополнительных связей

# **Усиление сжатых стоек**

**Выбор способа усиления в основном  
зависит от вида сжатия, характера  
действующей нагрузки и конструктивной  
схемы колонны**

## Усиление стальных стоек ненапряженными элементами

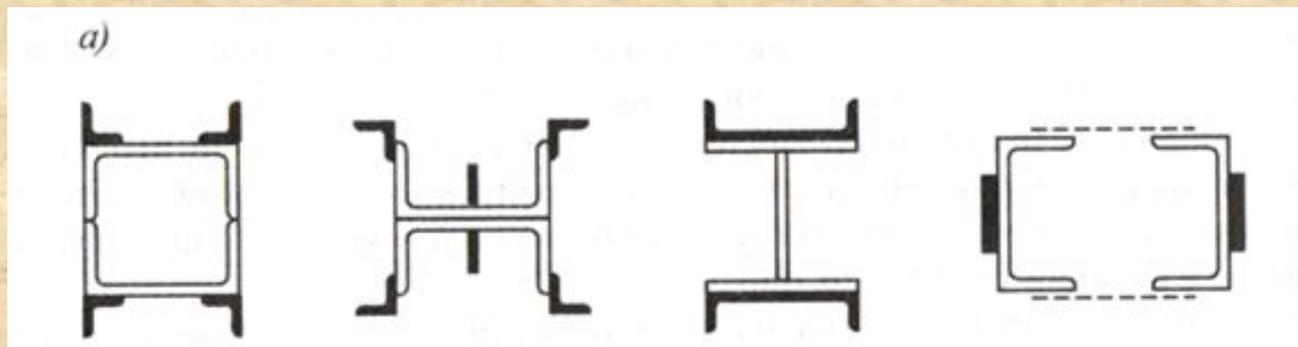
осуществляют увеличением их сечения и уменьшением их свободной длины, при этом следует стремиться к максимальному увеличению радиусов инерции сечения. При выполнении усиления нагрузка на стойке не должна превышать 50-60 % расчетной.

При большой гибкости усиливаемого элемента необходимо уменьшать эксцентриситет от смещения, а при гибкости  $\lambda > 80$  – увеличивать его устойчивость.

Присоединение элементов усиления осуществляют в основном сваркой. Сварочный прогиб для элементов, которые усиливаются под нагрузкой, является нагружающим фактором, поэтому сначала усиливаемый элемент приваривают точечной сваркой, а затем

# Симметричное наращивание сечения

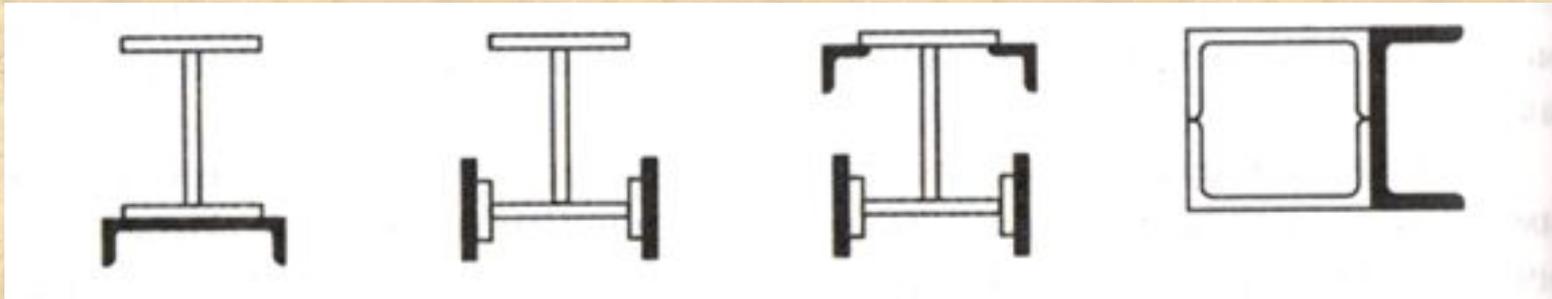
Такой метод обычно производится при усилении центрально-сжатых колонн.



# Несимметричное наращивание

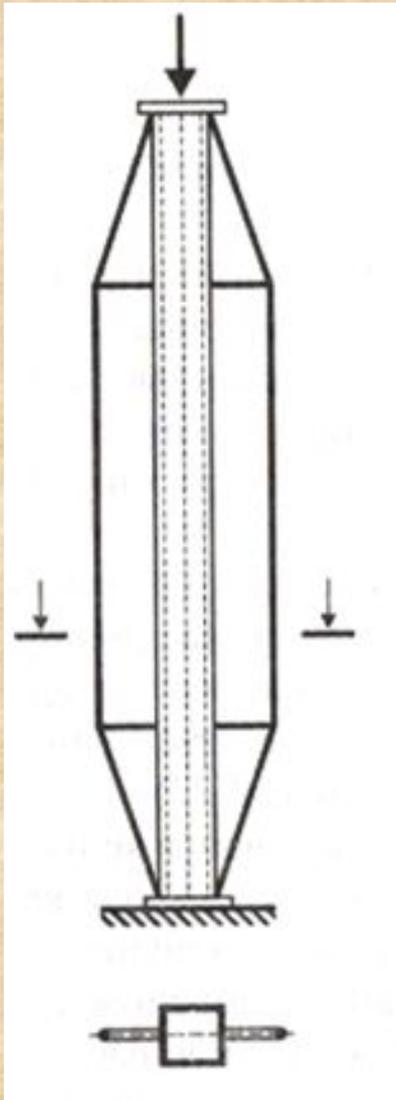
Усиление внецентренно-сжатых колонн осуществляется и симметричным и несимметричным наращиванием сечения.

Необходимое условие при наращивании сечения – предварительная разгрузка колонны не менее чем на 40 % полной величины.



# Усиление колонн шпренгелями

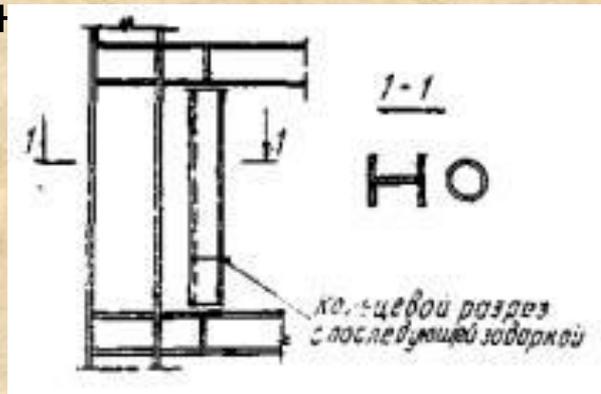
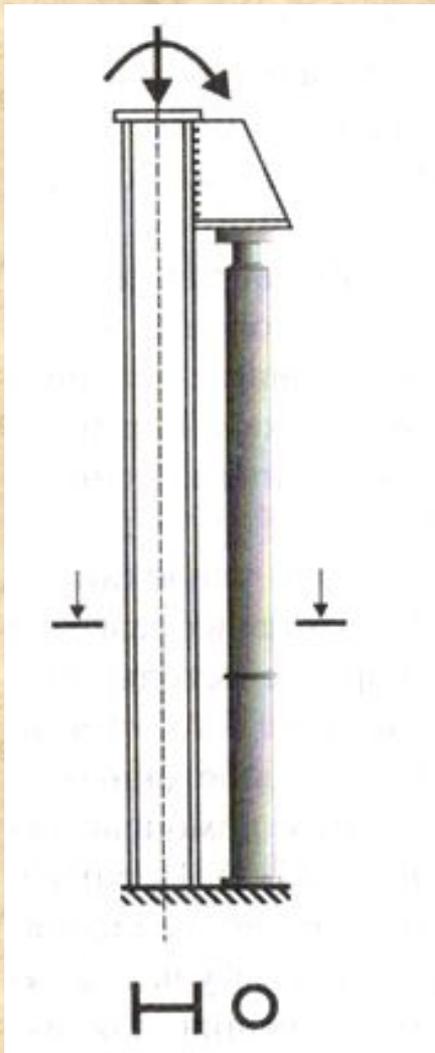
Применяют шпренгели в случае отсутствия на действующем производстве возможности разгрузить колонну на требуемую величину.



# Применение предварительно напряженных телескопических труб и элементов из других жестких профилей

Этот способ может применяться при усилении внецентренно сжатых элементов. Достигается увеличение жесткости рам и разгрузки ее стоек. Требуется наличие свободного пространства.

Элемент усиления (стойки) состоит из двух телескопически соединенных труб, причем внутренняя труба с небольшим зазором входит в наружную. Нагревом наружной трубы с последующей ее сваркой с внутренней создаются предварительные напряжения, в наружной трубе - растягивающие, а во внутренней - сжимающие. После установки в проектное положение наружная труба разрезается по окружности, в результате чего внутренняя труба освобождается от связи, удлиняется, включаясь в работу, и разгружается усиливая колонну.

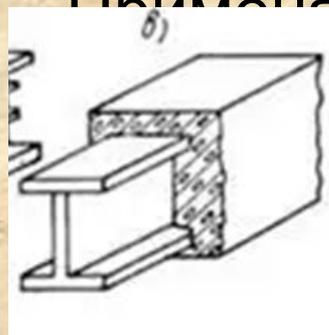
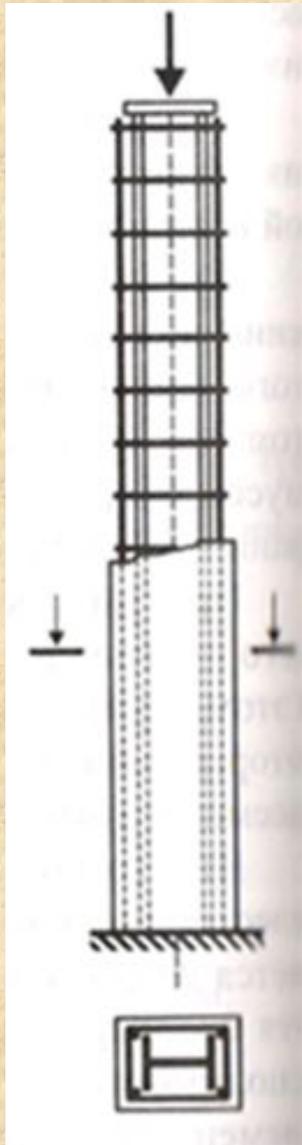


# Омоноличивание бетоном

Часто применяется в связи с резким удорожанием стали.

Колонна очищается от краски, маслянистых пятен, ржавчины. При нетщательной очистке к колонне привариваются стержни длиной 80-100 мм диаметром 6-8 мм с интервалом 200-250 мм. Для надежного заанкеривания в бетоне концы стержней загибаются. Чтобы предотвратить растрескивание бетона от усадочных напряжений и усилить эффект обоймы, бетон армируется пространственным арматурным каркасом.

Применяется также для балок.



# Усиление ферм и балок

Усиление стальных ферм осуществляют

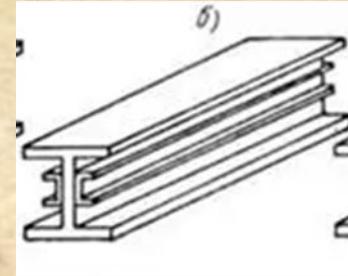
- подведением новых конструкций,
- введением дополнительных элементов решетки,
- изменением схемы конструкции и увеличением сечений отдельных элементов.
- Выбор того или иного способа усиления зависит от причин, вызвавших усиление стропильных конструкций.



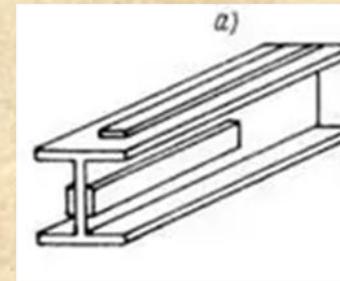
# Усиление стальных балок

## Метод наращивания сечения

### Симметричное наращивание



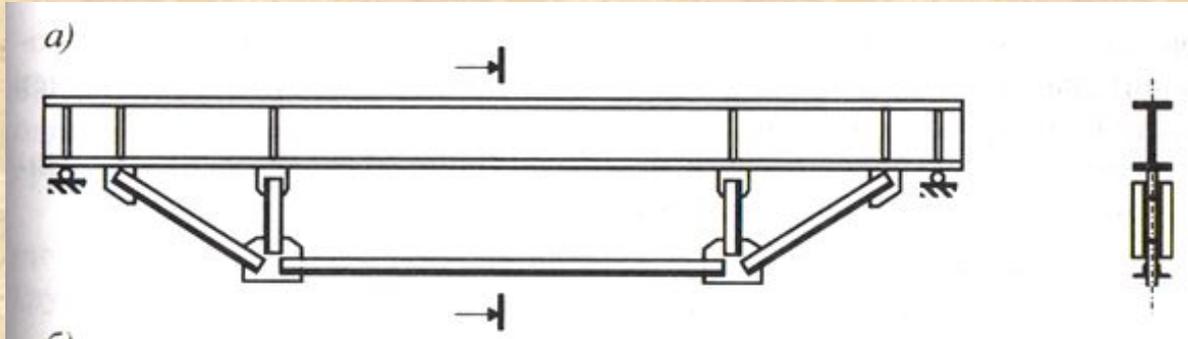
### Несимметричное



Симметричное наращивание более предпочтительно, т.к. при этом достигается равномерное распределение напряжений и деформаций в сечении нагруженной балки.

Такое усиление целесообразно если максимальные напряжения в элементах балки не превышают 80% от расчетного сопротивления стали  $R_y$ .

# Усиление балки шпренгелем



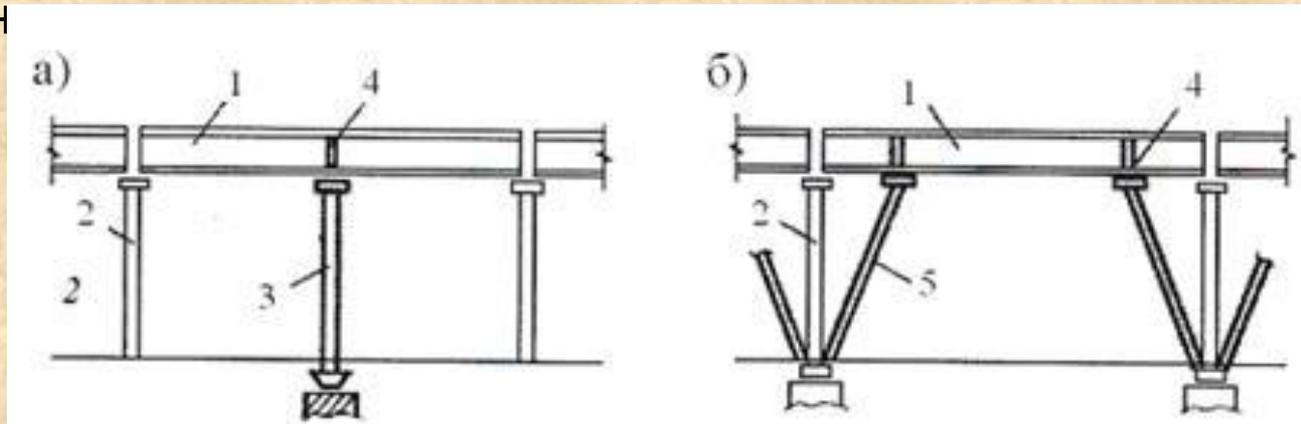
Это позволяет существенно увеличить несущую способность балки без ее демонтажа, т.к. шпренгель изменяет статическую схему работы балки, превращая её из однопролетной в многопролетную на упруго-податливых или, при соответствующем натяжении шпренгеля, жестких опорах.

Включение шпренгеля в ра  зумья способами:



# Подведение дополнительных опор

Простой по исполнению способ, в 2 и более раз увеличивает несущую способность балок. Применяются часто в торцах здания, чтобы не мешать эксплуатации производственных площадей. Дополнительными опорами могут быть ж/б колонны или металлические стойки из прокатных профилей, устанавливаемые в дополнительные фундаменты, или дополнительные усиливающие элементы



Усиление балок установкой дополнительных опор (а) или подкосов (б)

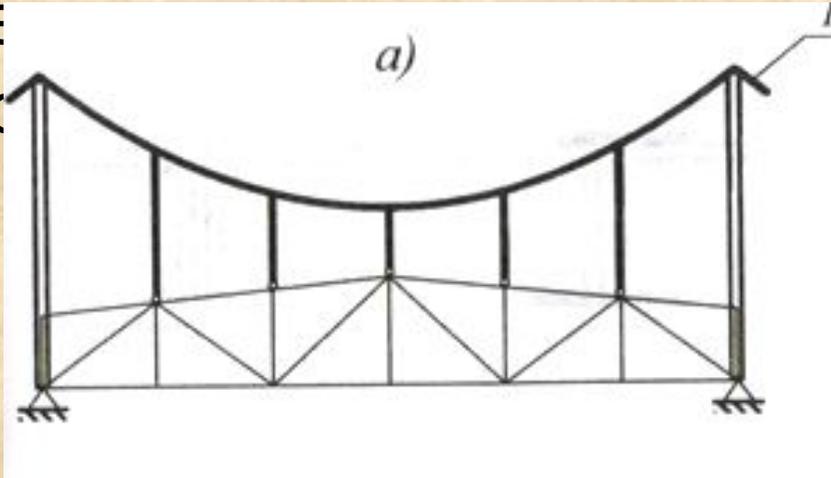
1- усиливаемая балка; 2- колонна; 3- дополнительная опора;

4- элемент усиления; 5- подкос

**Подведение новых конструкций** осуществляют в том случае, если другие способы усиления не дают требуемого эффекта и, если по условиям производства, допустима установка дополнительных промежуточных стоек.

## **Введение дополнительной вантовой системы**

Применяется при наличии опор, способных воспринимать нагрузку от вант. Иногда в качестве опор используются существующие колонны.

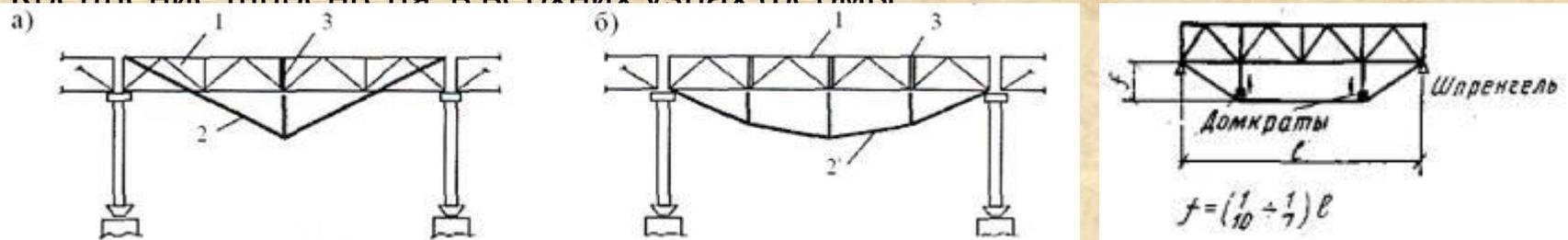


1 - ванты

# Введение предварительно напряженной затяжки (усиление третьим поясом (шпренгелем))

Применяется если требуется значительно увеличить несущую способность, прочность и жесткость стропильной фермы, не увеличивая ее габариты и не разбирая покрытие. Такое усиление не требует дополнительных опор и может выполняться из высокопрочных стальных канатов (пучков), которые размещаются в пределах высоты фермы, обеспечивая минимальную материалоемкость усиления. Разгрузку существующей фермы осуществляют предварительным напряжением третьего пояса, поэтому его сечение должно быть достаточным для восприятия максимальных напряжений при полной нагрузке фермы. Натяжение шпренгеля производится с помощью домкратов или других силовых устройств.

Крепление шпренгеля в верхних узлах фермы



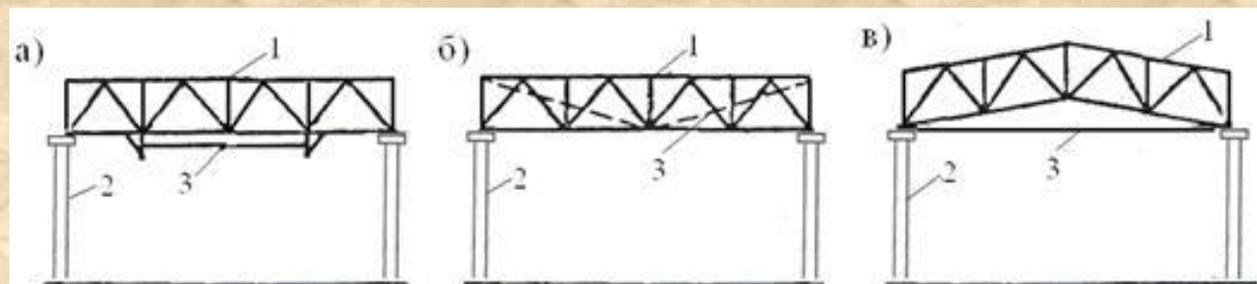
крепление шпренгеля в нижних опорных узлах

фермы

1 - усиливается ферма; 2 - шпренгели под системой; 3 - элементы местного усиления

# Установка предварительно напряженных затяжек

Наиболее эффективного повышения несущей способности стальных ферм достигается с помощью установки предварительно напряженных затяжек

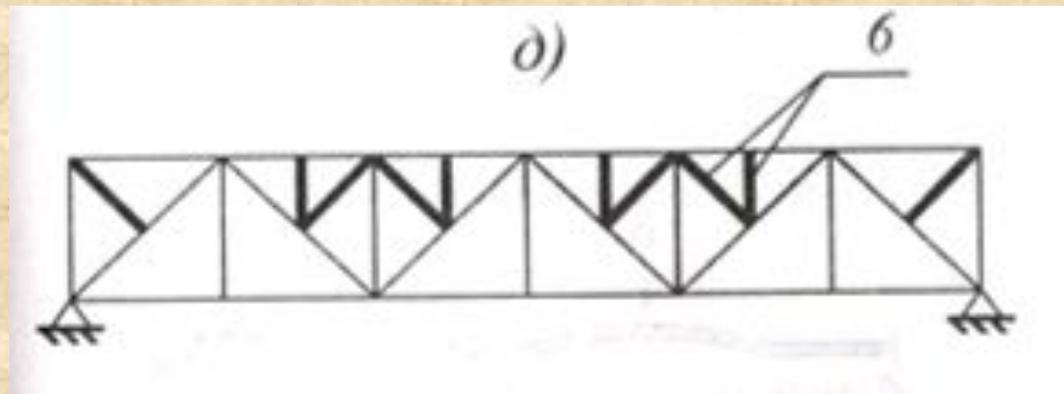


а - при расположении вдоль нижнего пояса фермы;  
б и в - то же, в плоскости фермы при креплении затяжек

в верхних и нижних опорных узлах фермы  
1-усиливаемая ферма; 2- колонна; 3-затяжка

# Введение дополнительных стержней

Дополнительные элементы решетки вводятся для уменьшения гибкости стержней в плоскости фермы, для усиления верхнего пояса фермы на местный изгиб, для усиления сжатых элементов решетки, а также для увеличения жесткости и несущей способности фермы в целом.

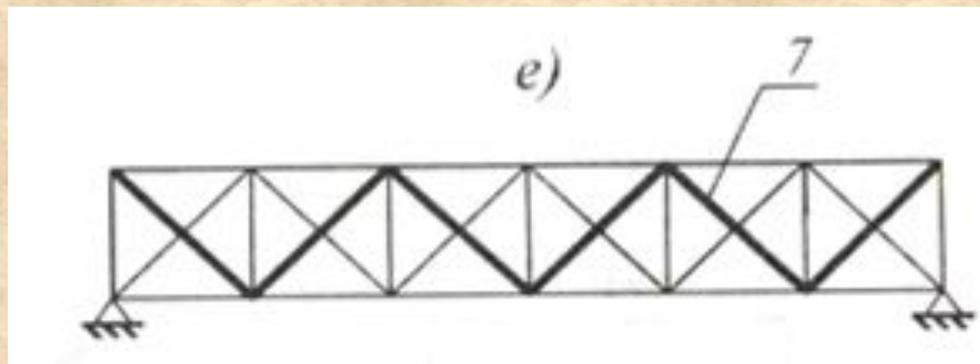


б – стержни усиления

# Дополнительная решетка

Дополнительную перекрестную решетку устанавливают для повышения несущей способности и жесткости фермы в целом. В этом случае ферма превращается в статически неопределимую систему и возникает опасность перераспределения усилий в элементах решетки (растянутые элементы испытывают сжимающие усилия, и наоборот). Поэтому иногда возникает необходимость дополнительного усиления отдельных элементов решетки.

Элементы новой решетки изготавливаются из такого же профиля, что и существующие.

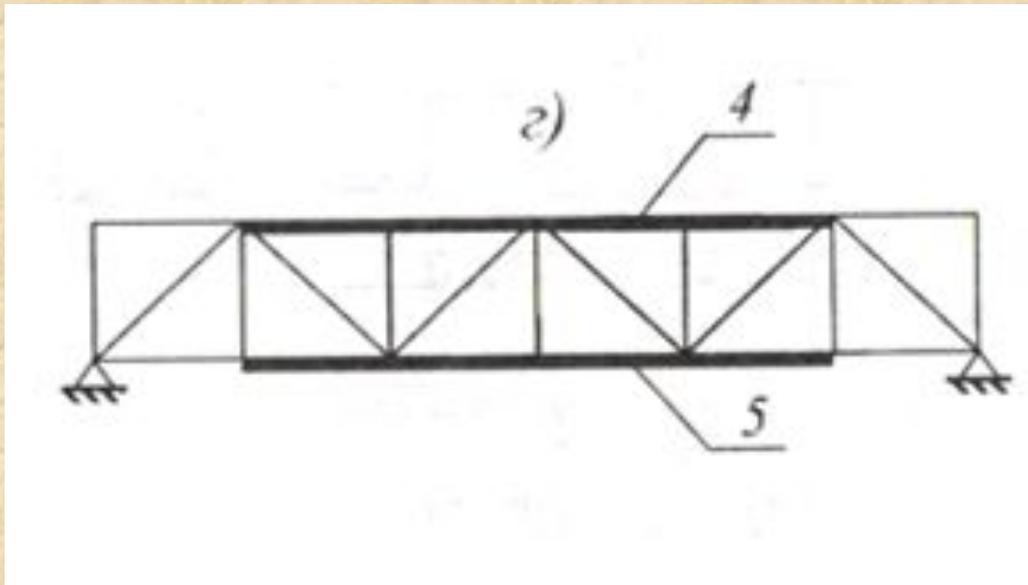


7 – дополнительные раскосы

## Наращивание сечения

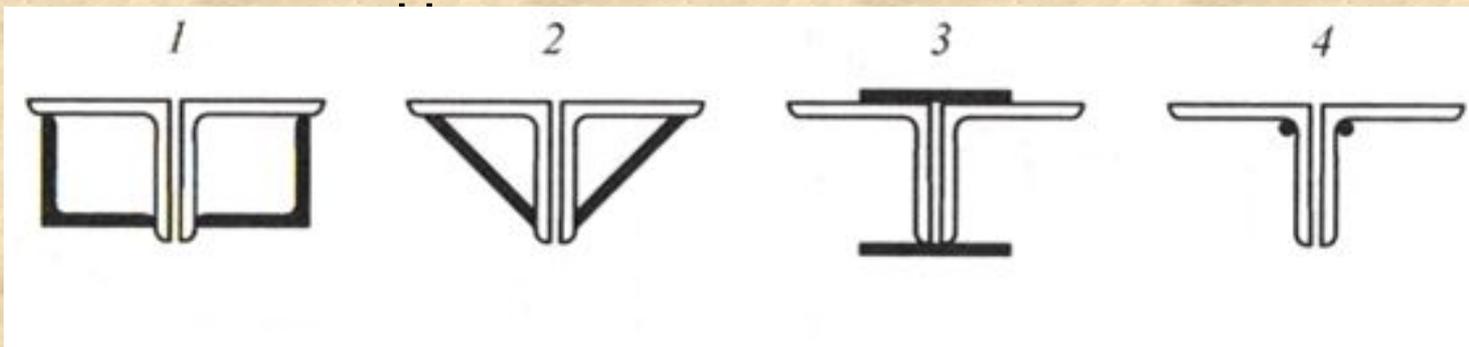
Применяется и для сжатых и для растянутых стержней.

4,5 – элементы наращивания поясов



# Усиление элементов решетки и узлов ферм

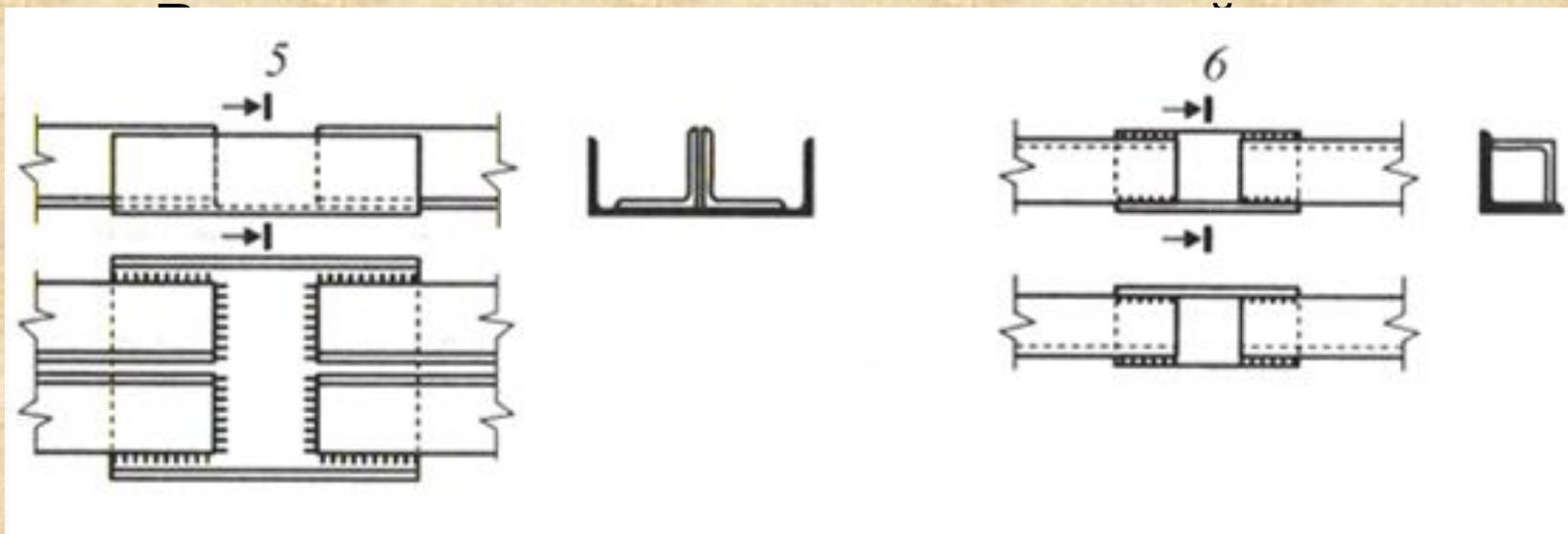
Наиболее распространенный характер повреждений стропильных ферм — погнутость стержней решетки, которая достигает 50...70 мм. В этом случае увеличивают сечение решетки или устанавливают предварительно напряженные элементы, снижающие искривления элементов решетки. Усиление любого конструктивного элемента. Усиливающие детали растянутых элементов должны доводиться до конца старых элементов. Требуется предварительная разгрузка конструкций до 50%



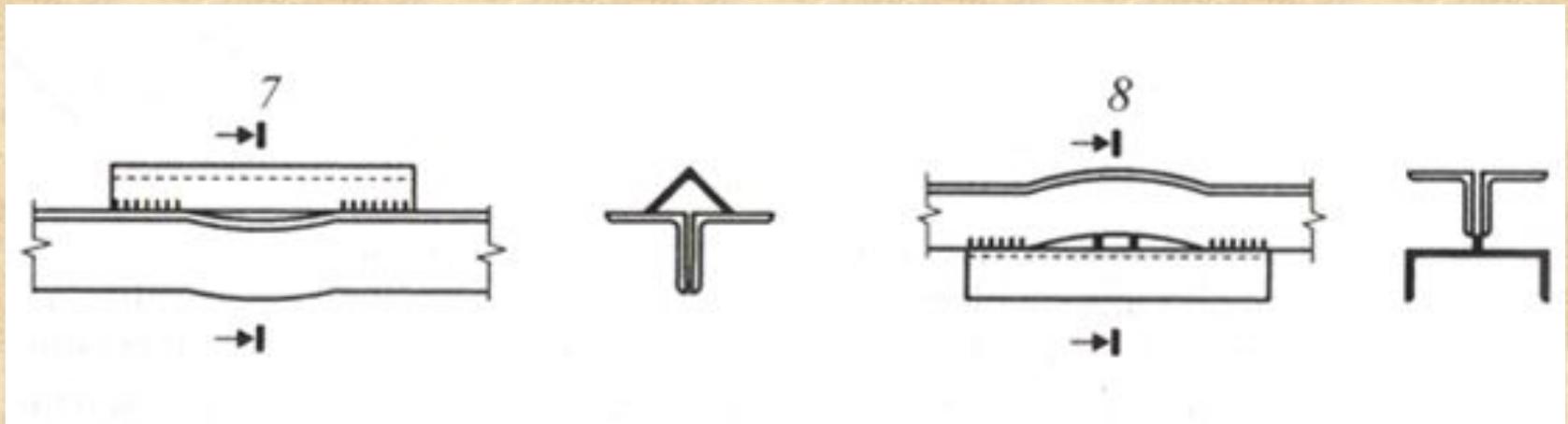
# Увеличение несущей способности соединений элементов и конструкций

Восстановление элементов ферм, имеющих повреждения в виде пробоин, надрывов или разрывов сечения, производится **вырезанием и заменой поврежденной части.**

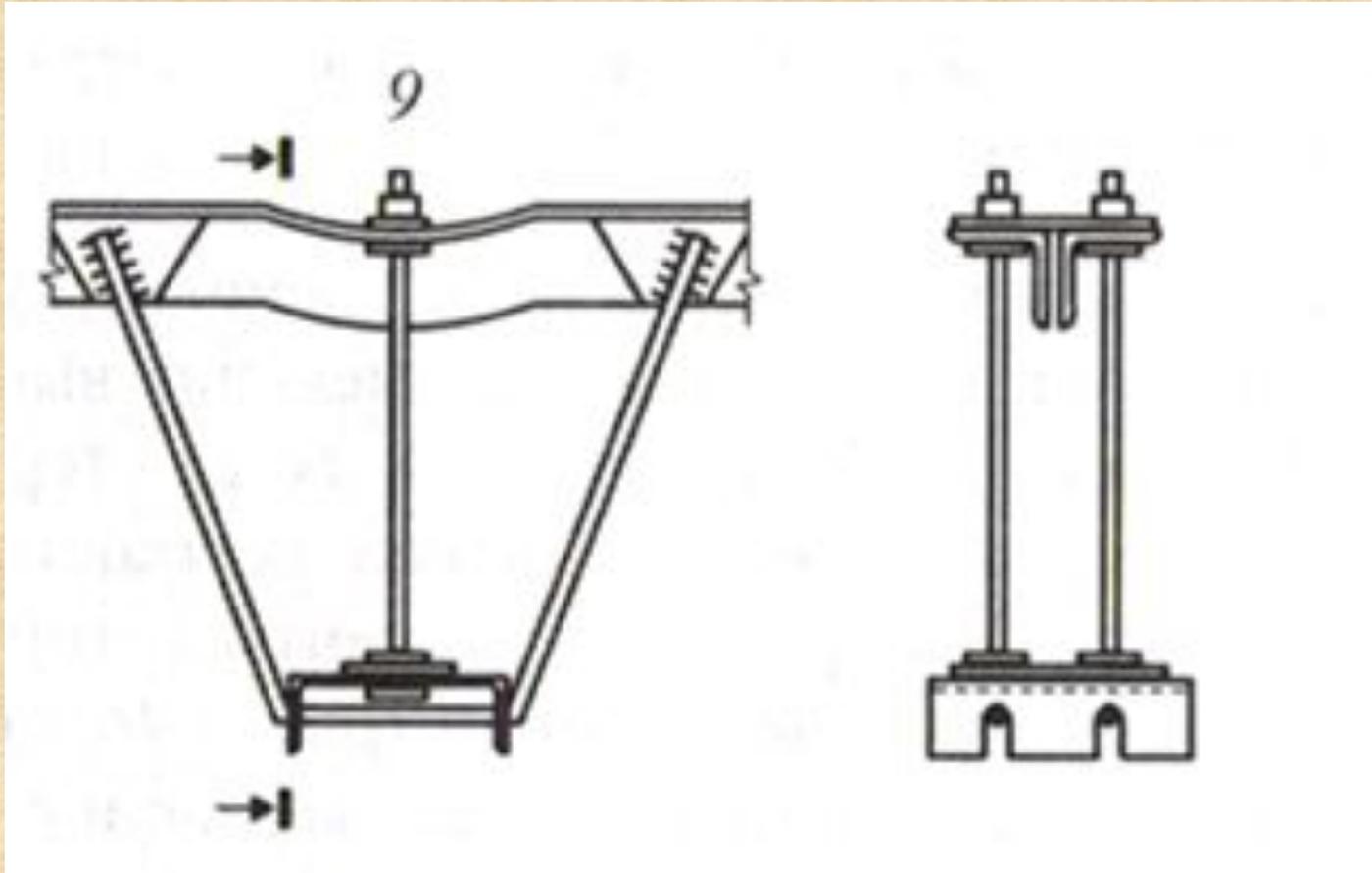
Элементы, имеющие вмятины или прогибы, **восстанавливаются накладками.**



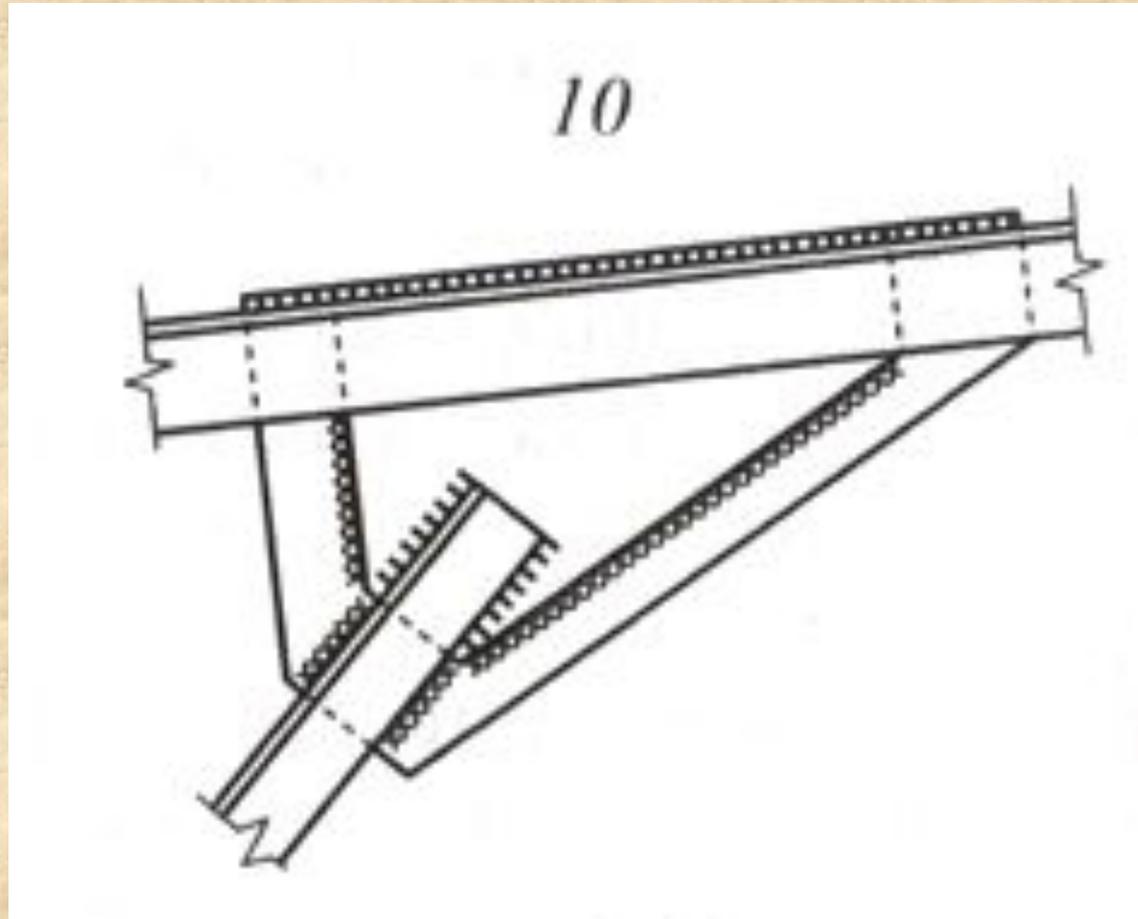
# Усиление накладками при местной погнутости элемента



# Усиление шпренгелем изогнутых элементов



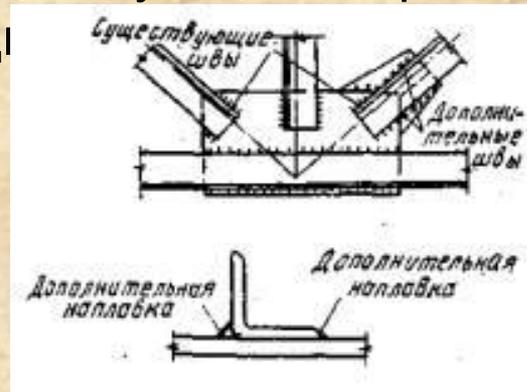
# Усиление наращиванием длины фасонки



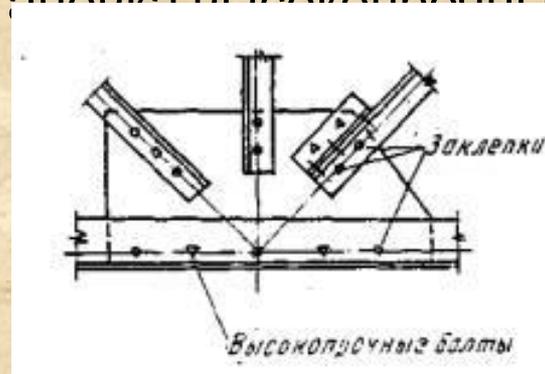
# Усиление сварных соединений

Увеличение несущей способности соединений элементов и конструкций:

- Увеличение длины существующих сварных швов. Увеличение толщины существующих



- Постановка дополнительных обычных болтов, замена болтов на больший диаметр. Постановка высокопрочных болтов



# Усиление сварных соединений

Производится путем увеличения их расчетной длины или наращиванием (наплавкой) катета шва. При восстановлении эксплуатируемых конструкций сварные швы обычно нагружены.

Наиболее безопасным способом усиления нагруженных узловых соединений считается удлинение существующих, сварных швов, что, однако, не всегда возможно из-за ограниченной длины фасонки. Поэтому на практике приходится чаще использовать наплавку шва.

Метод наплавки шва, особенно при усилении изгибаемых и растянутых элементов, следует применять с большей осторожностью. Это обусловлено тем, что в процессе наплавки металл старого шва сильно разогревается и при температуре  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  и более переходит в пластическое состояние. В результате шов частично работы, что может являться причиной обрушения конструкций.



# Литература

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ**

Одобрены Ученым советом НИИСП  
Госстроя СССР Протокол № 5 от 31.05.84

**Спасибо за  
внимание**