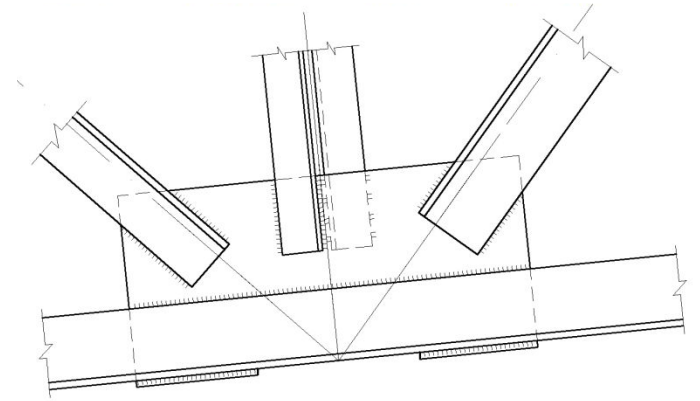
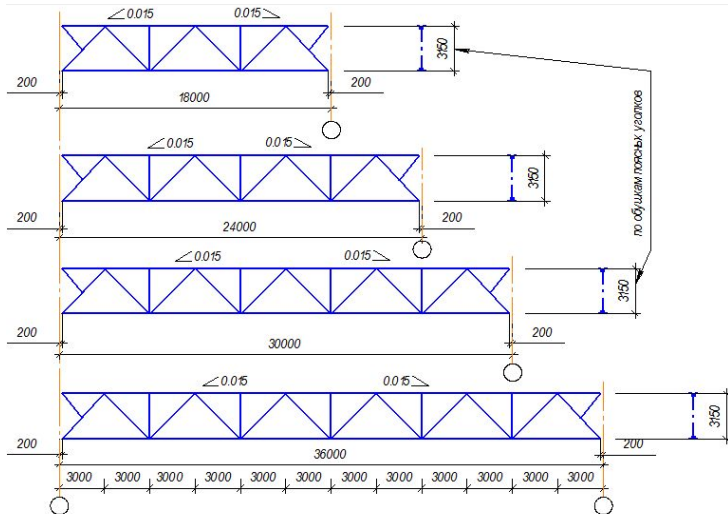


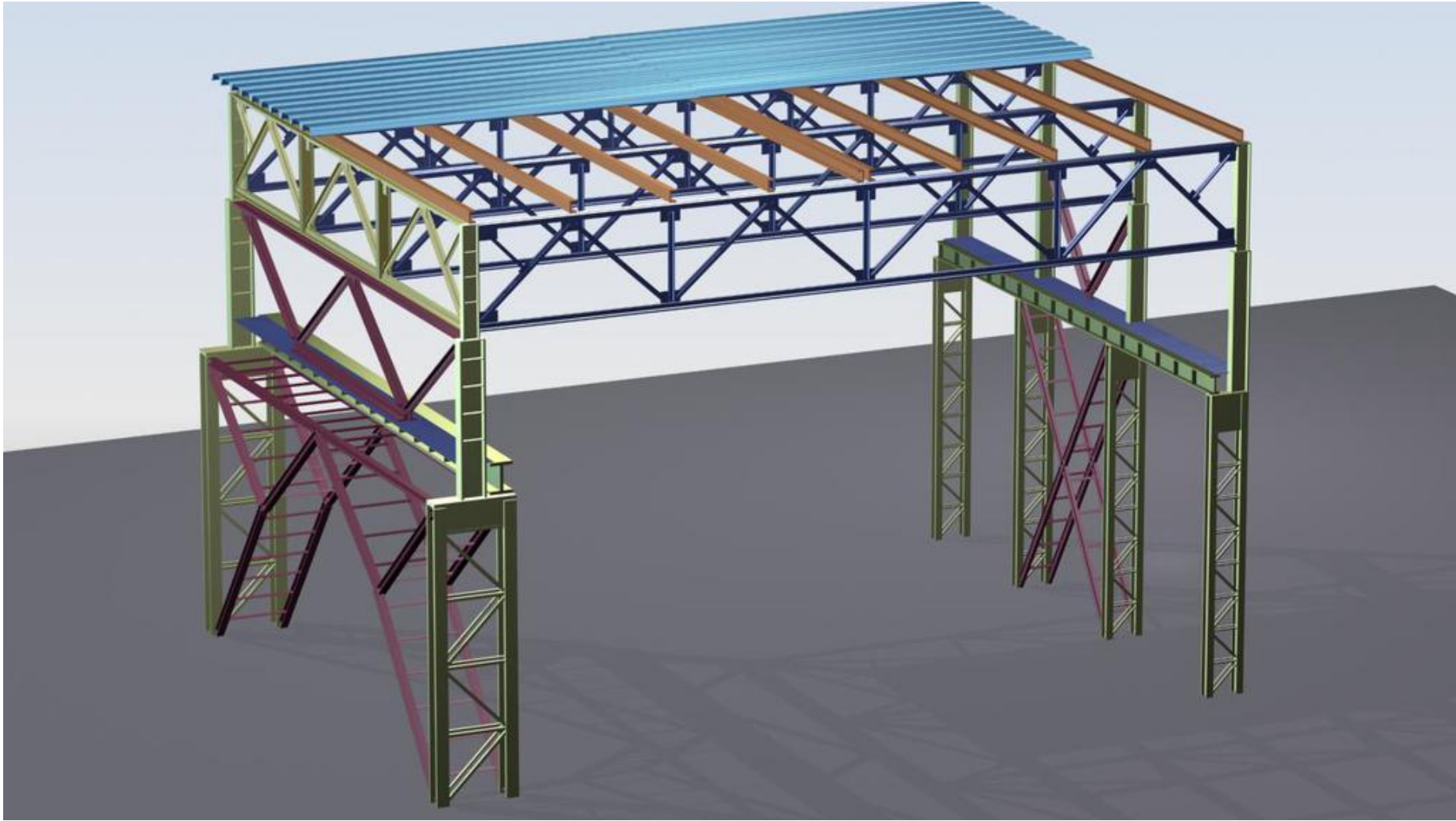
Преподаватель
Юдина Евгения Васильевна

ФЕРМЫ



Расчет узлов







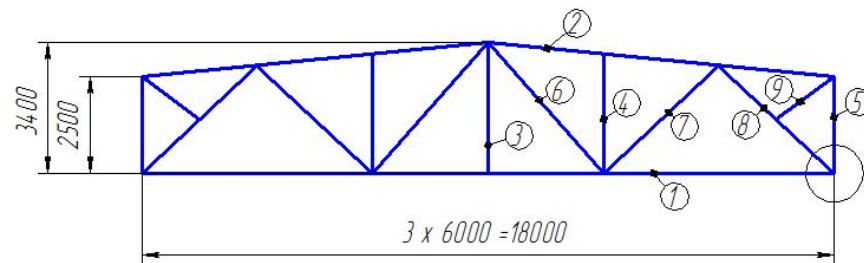
23/10/2013



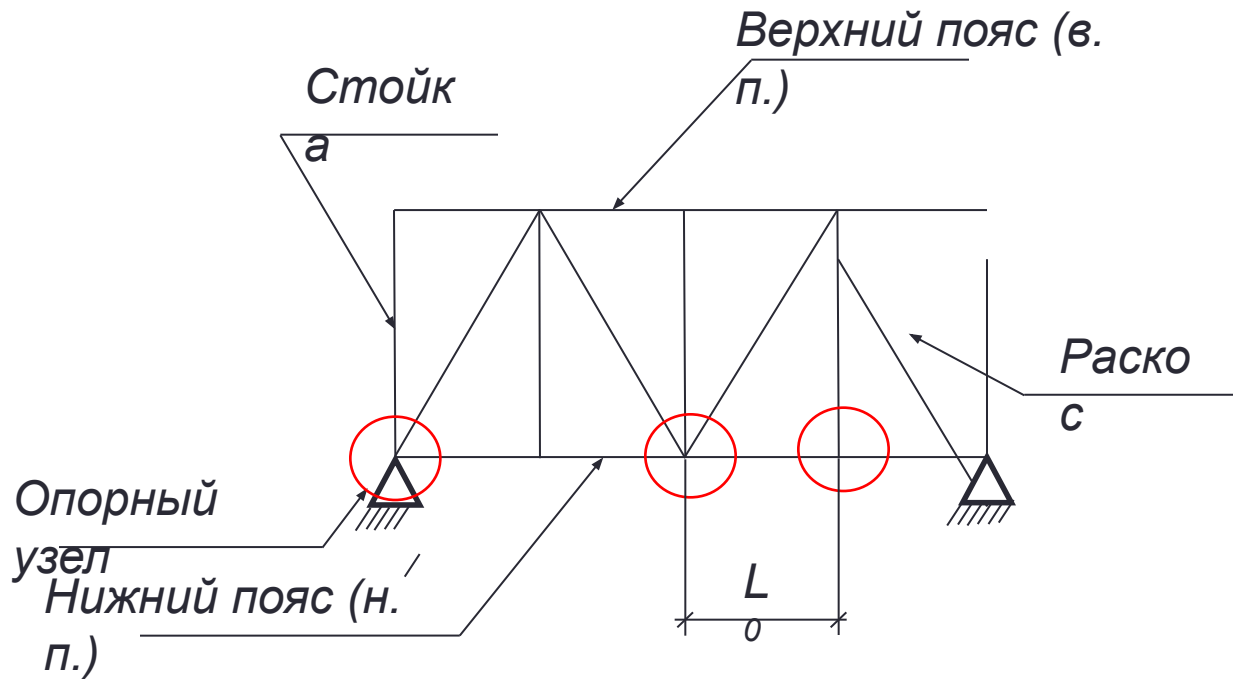


technosteel-ts.ru

Геометрическая схема фермы.







№дет.	Сечение	Размеры сварных швов		z ₀ - расстояние до центра тяжести, мм	Примечание
		по обуху, мм	по перу, мм		
1	80x6	6-	6-	25	Приварить по всей длине фасонки швом 6мм
2	110x8	6-	6-	35	
3	63x6	6-100	6-100	20	
4	63x6	6-100	6-100	20	
5	80x6	6-140	6-140	20	
6	80x6	6-180	6-120	20	
7	75x5	6-100	6-100	20	
8	100x8	6-200	6-160	30	
9	63x6	6-80	6-80	20	



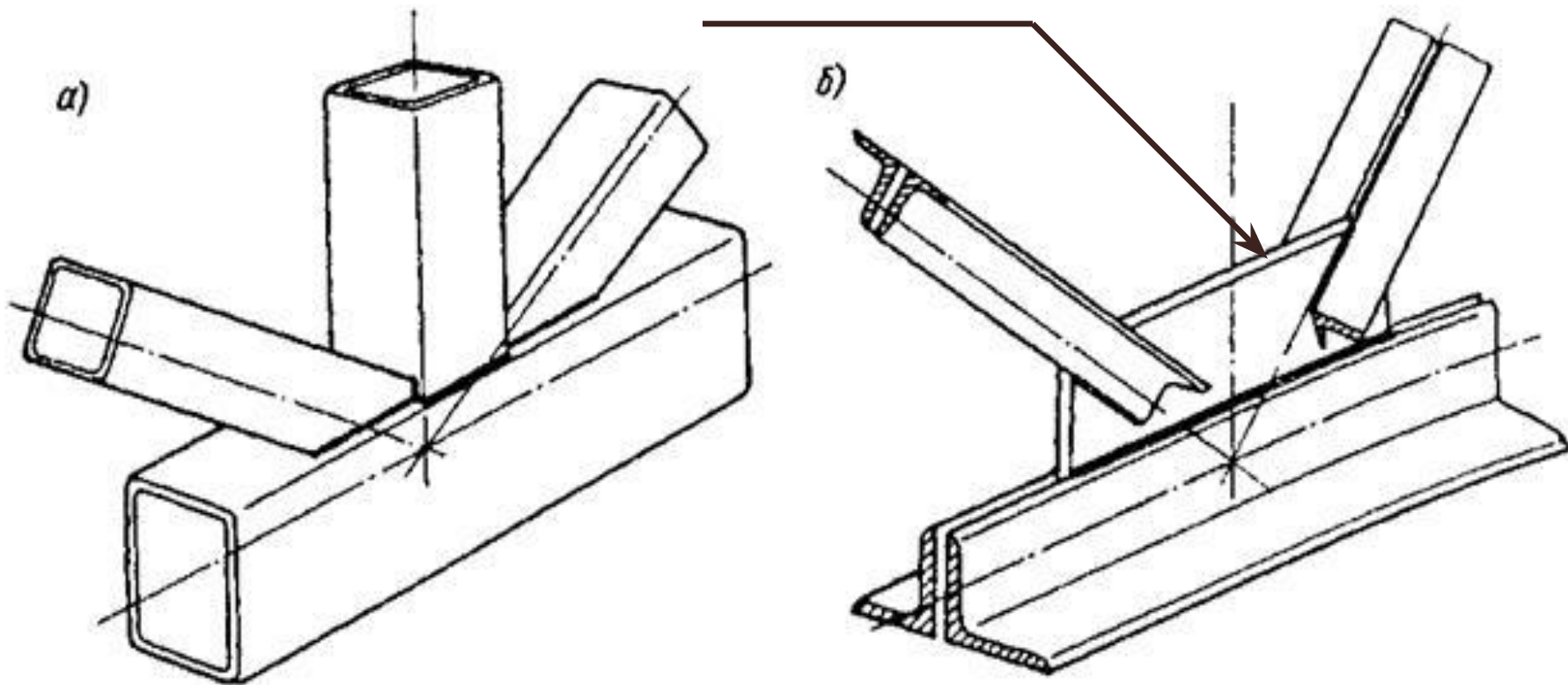
- ✓ место, где сходятся несколько стержней, называется узлом конструкции;
- ✓ расстояние между двумя соседними стойками – панель фермы (L_0 – панель фермы);

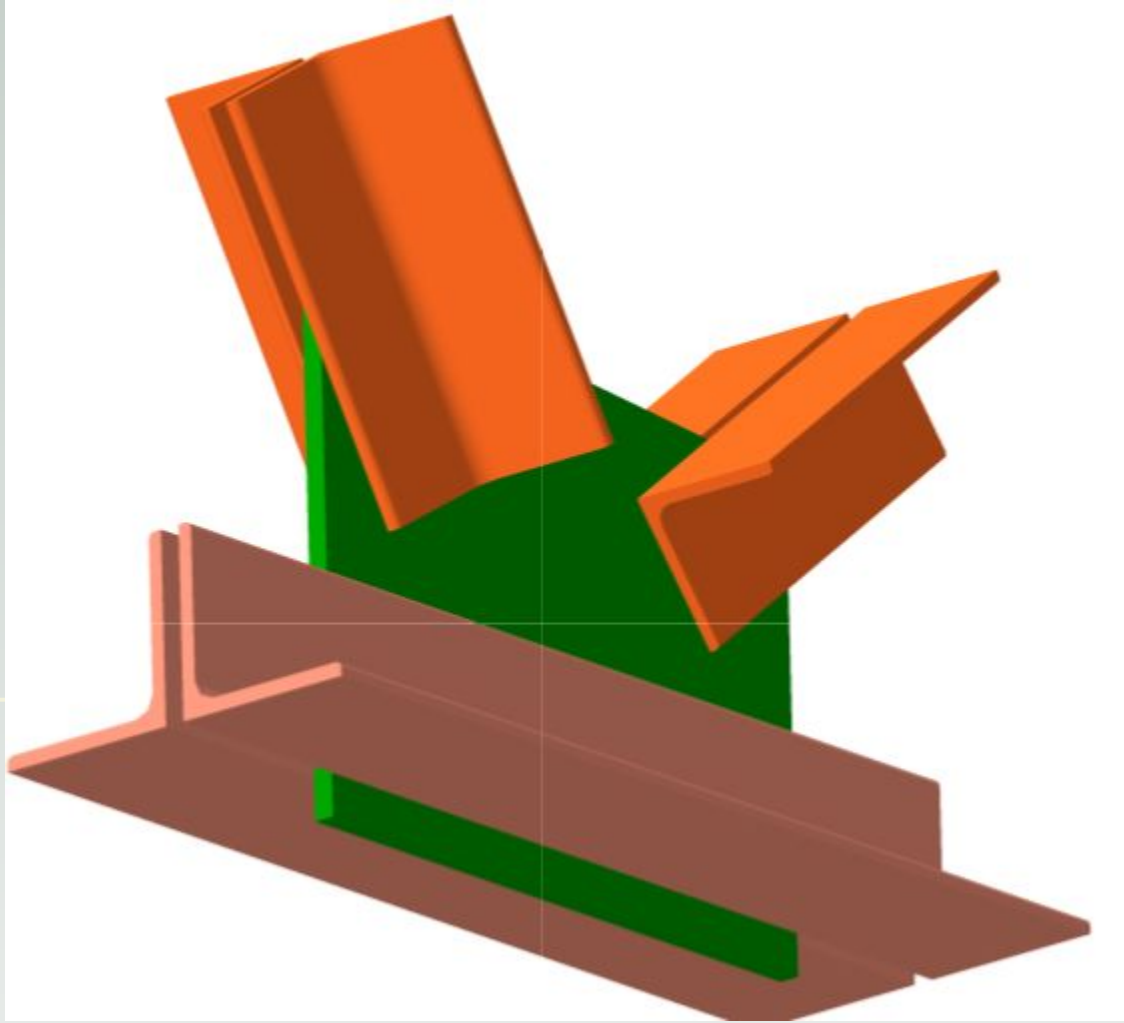
- ✓ ферма может быть сварной или болтовой (элементы крепятся с помощью болтов).
- ✓ стержни, чаще всего, изготавливают из стального проката определённого профиля:

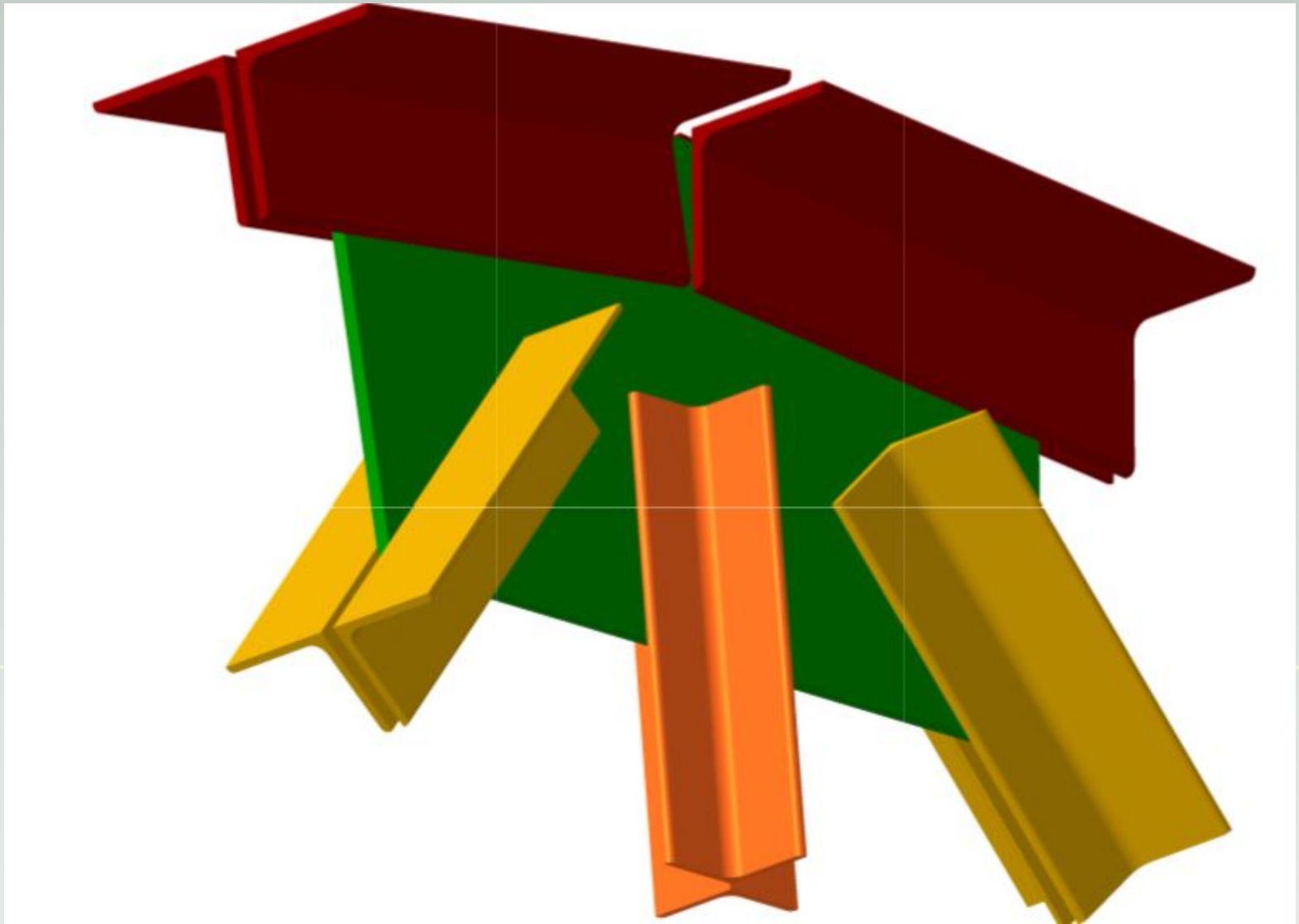
- уголок; 
- тавр; 
- двутавр; 
- зетобразные и т.д. 

Стержни ферм из труб стыкуются без дополнительных элементов (рис. а), стержни решетки из прокатных элементов соединяются с поясами при помощи фасонки – соединительных пластин (рис. б).

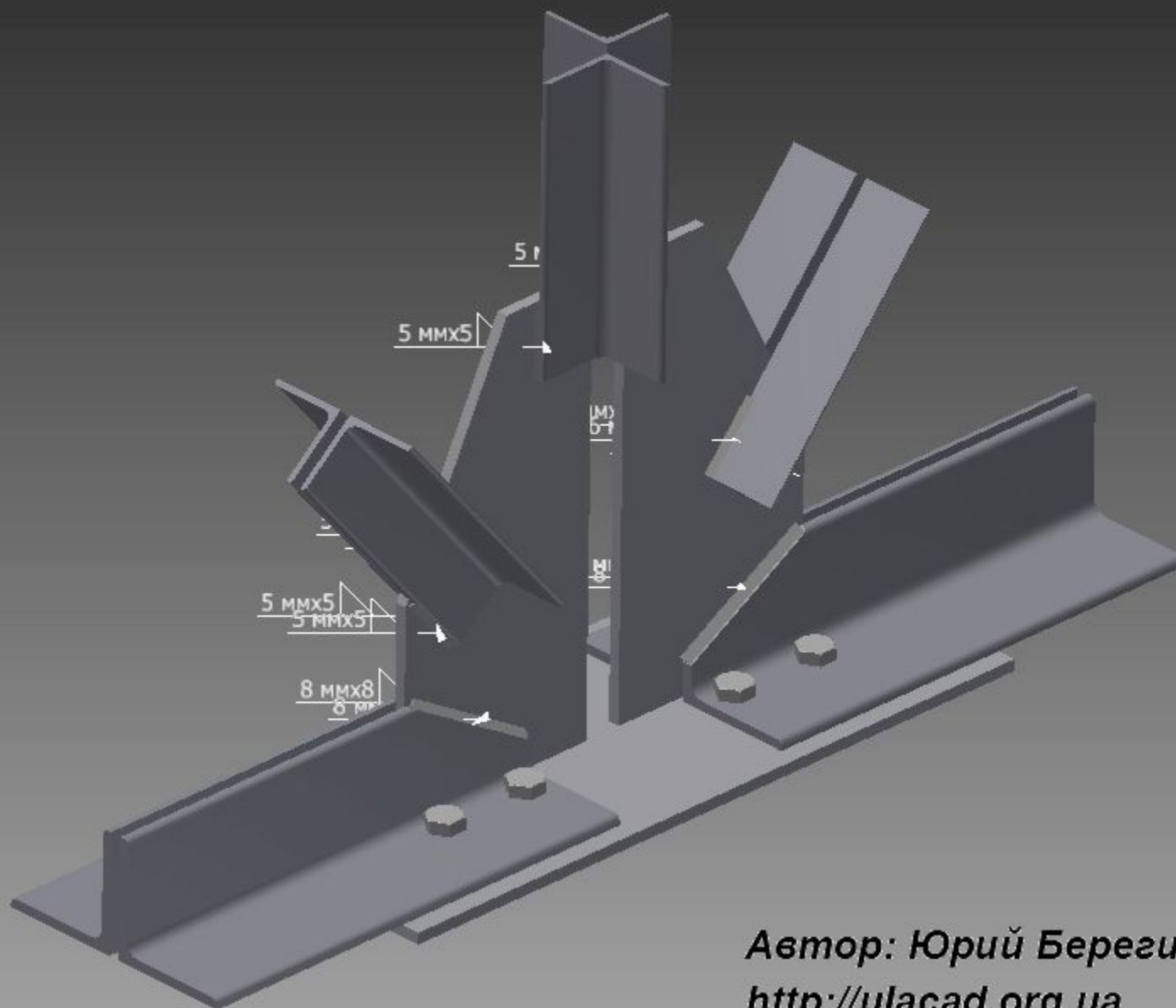
Фасонка





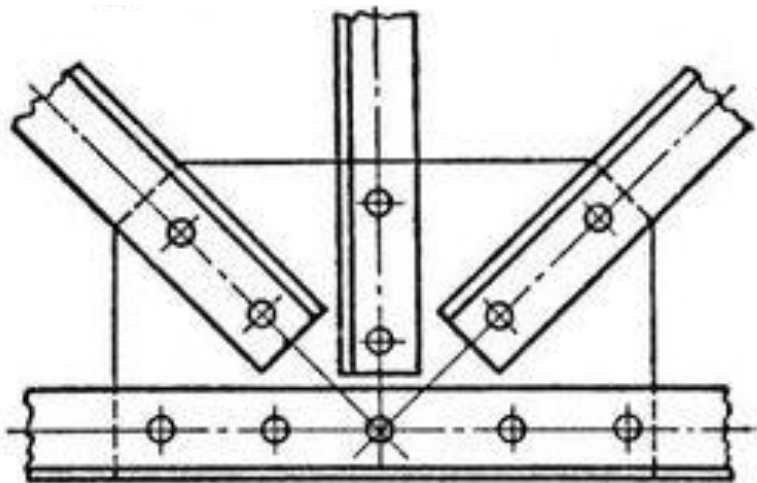


Монтажный стык фермы



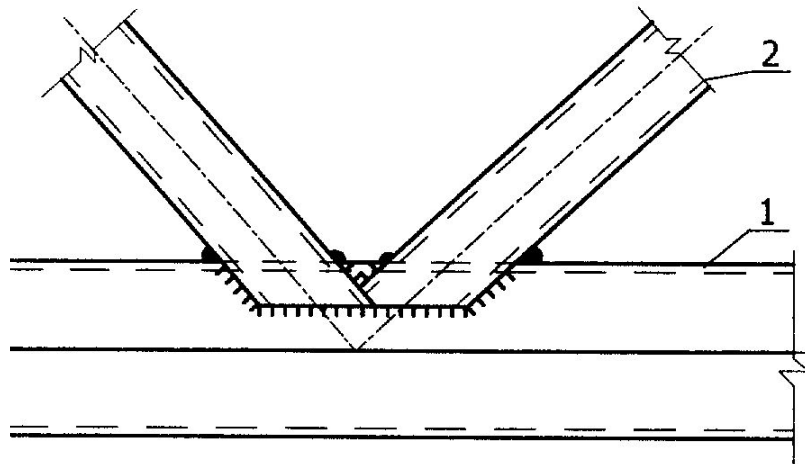
Автор: Юрий Берегий
<http://ulacad.org.ua>

Прокатное соединение

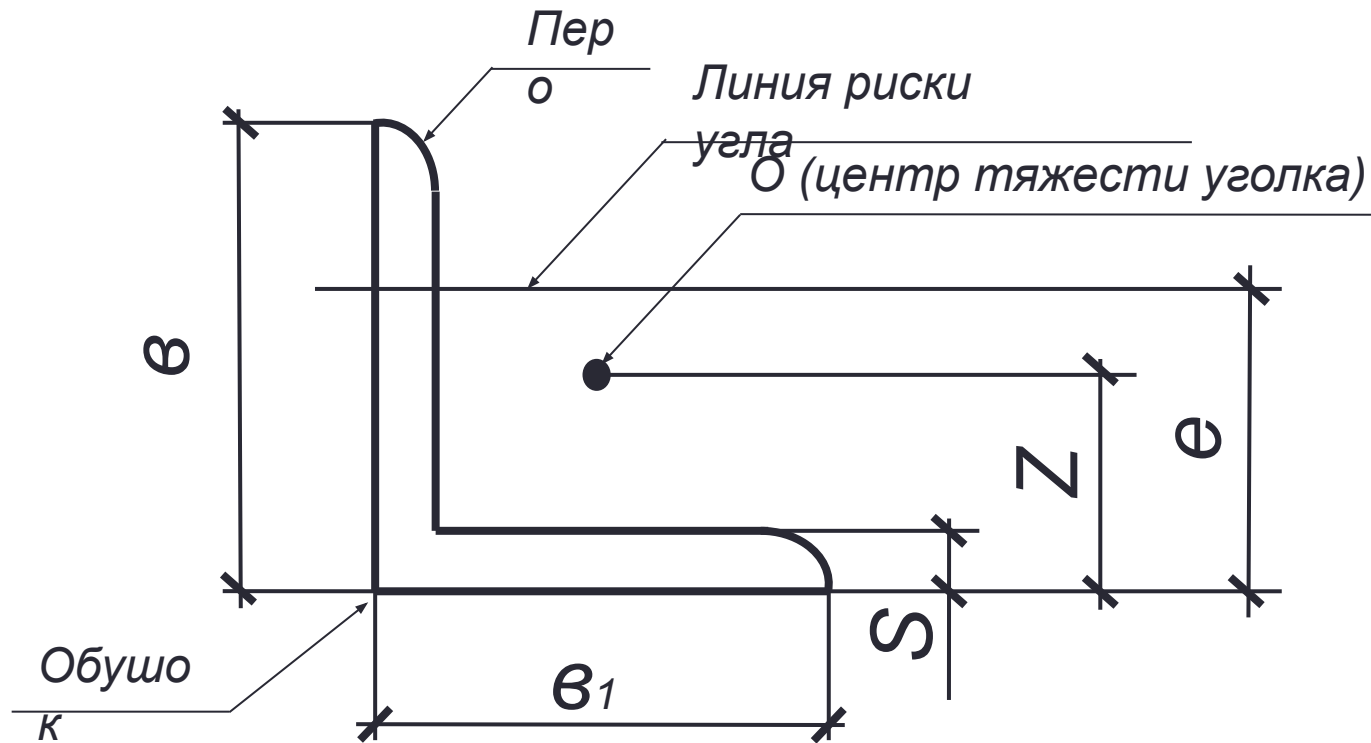


Наличие соединительных элементов (фасонок) и соединений увеличивает металлоемкость фермы

• Трубчатое соединение



Сложная стыковка и обрезка труб под нужным углом затрудняет изготовление фермы



- ✓ $b = b_1$ равнополочный уголок 100x10 ($b = b_1 = 100$; $S=10$);
- ✓ $b \neq b_1$ разнополочный уголок 125x100x10
($b = 125$; $b_1 = 100$; $S=10$);
- ✓ O – центр тяжести уголка;
- ✓ Z – координата центра тяжести уголка;
- ✓ e – координата риски уголка, линия на которой расположены центры болтов и отверстий.

Особенности конструирования

Оси стержней узла должны сходиться (пересекаться) в одной точке:

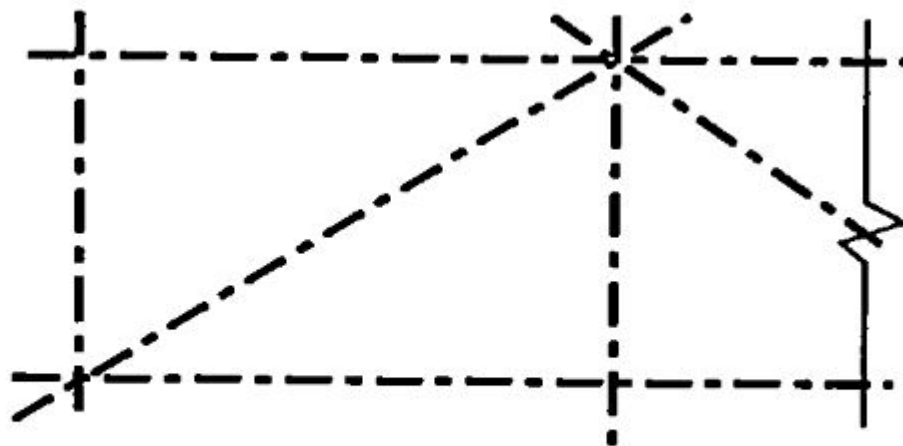


Рис. 9.13. Схождение осей ферм в узлах

Металлические фермы

- Уголки верхнего пояса должны быть обращены обушками вверх, нижнего – вниз
- Центр тяжести сечения стержня должен совпадать с осевыми линиями фермы

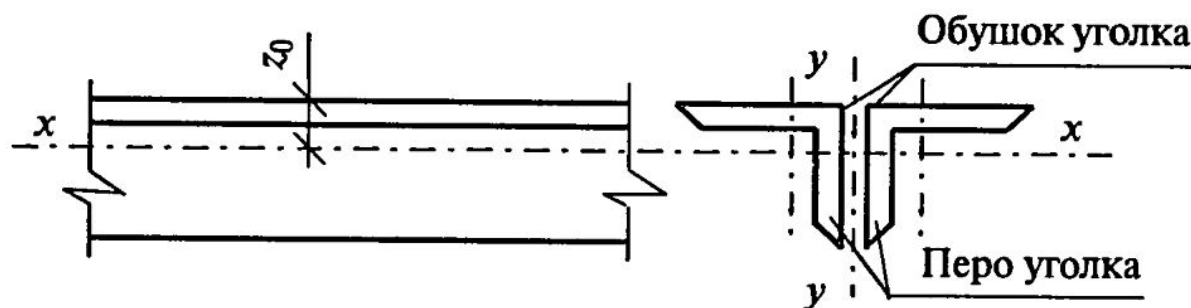
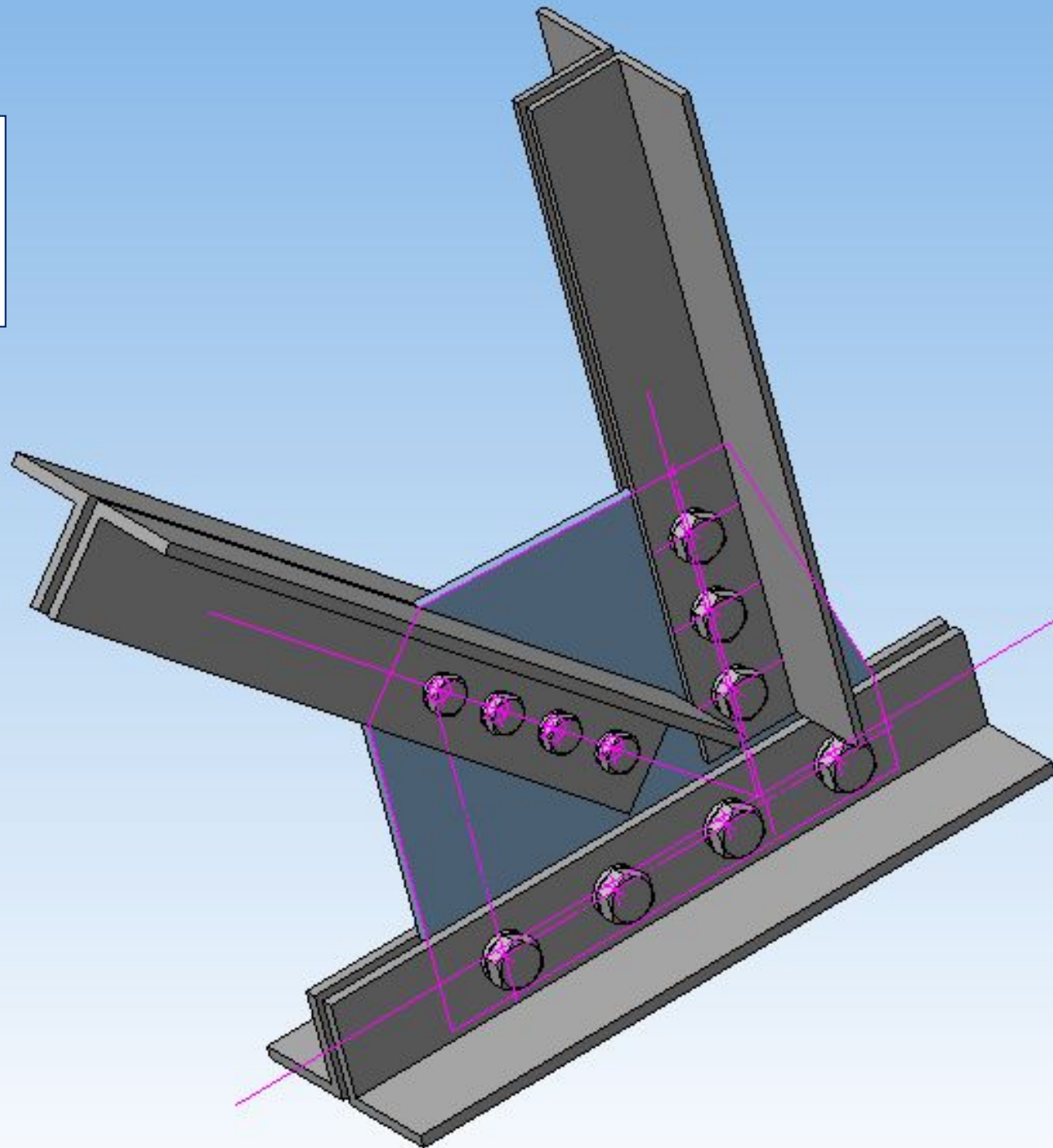


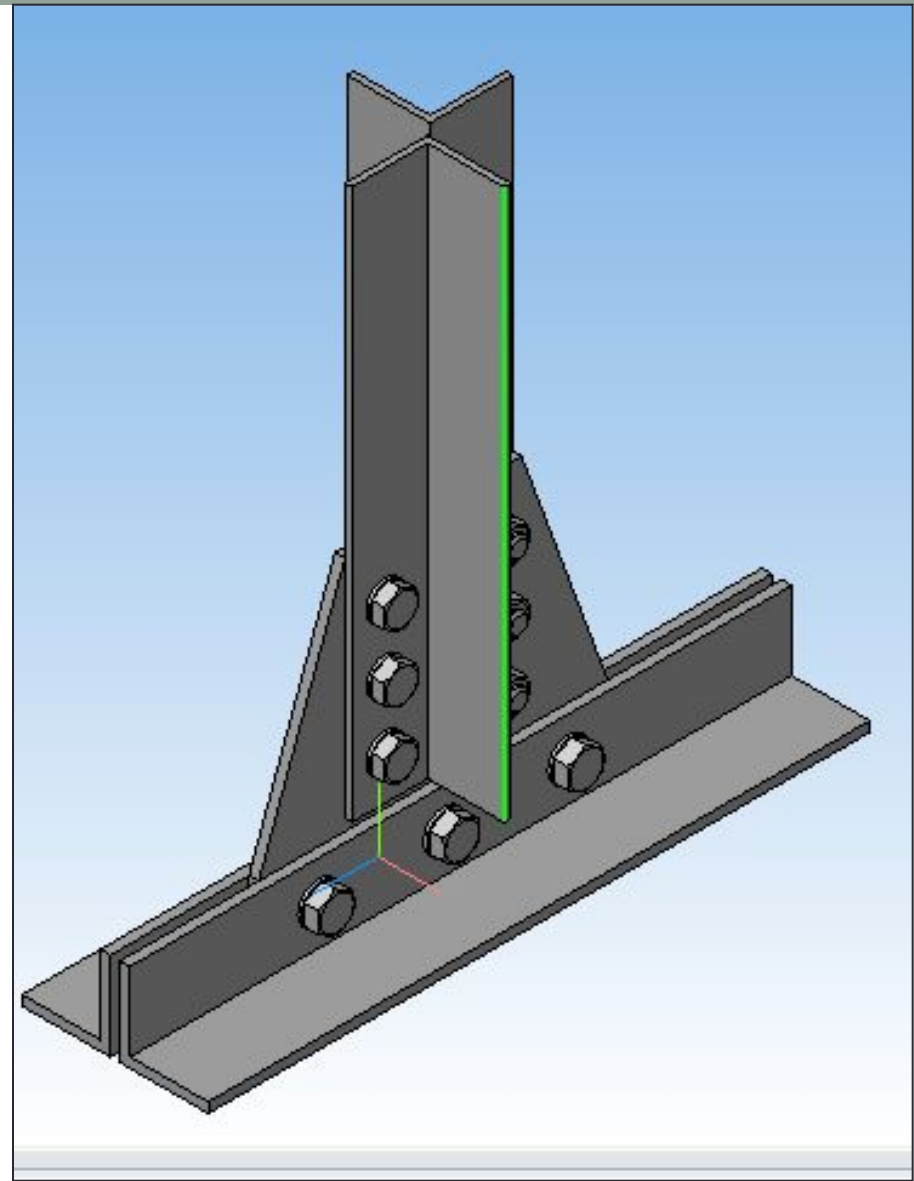
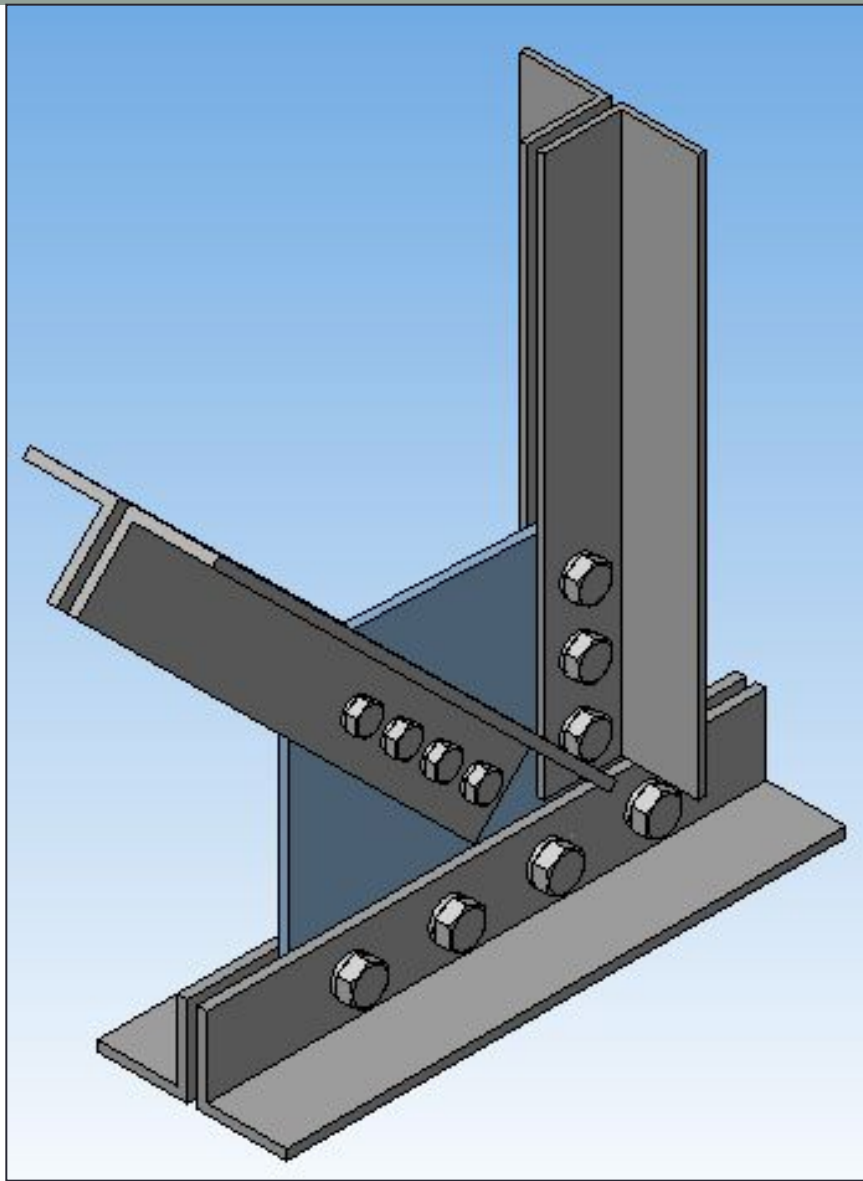
Рис. 9.14. Положение центра тяжести уголков

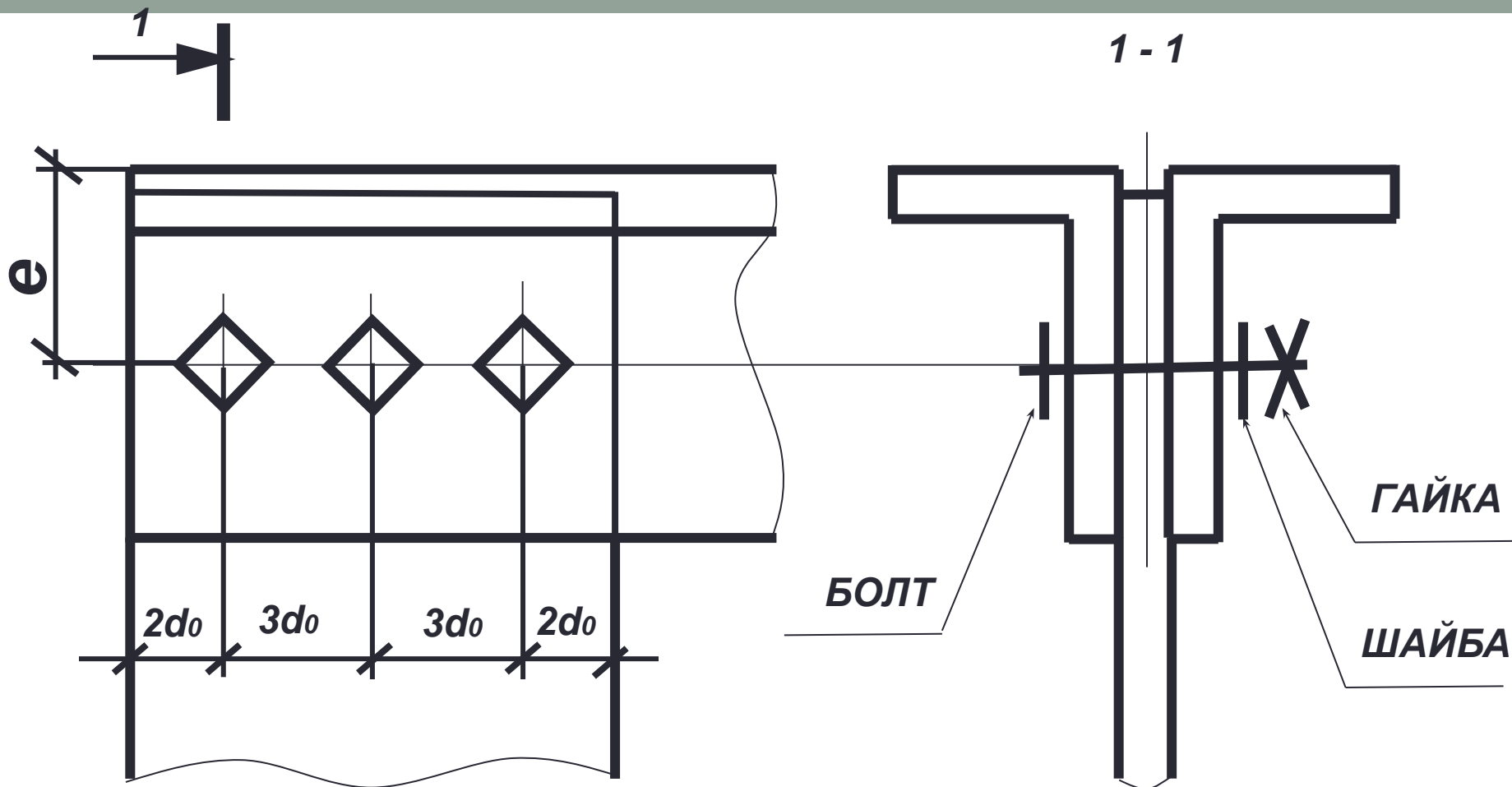
Болтовое соединение

- ✓ Болт – цилиндрический стержень, который имеет с одной стороны головку, с другой стороны - резьбу. Болт, гайка и шайба составляют комплект.
- ✓ Конструкция и размеры болтов, гаек и шайб определяются стандартами.
- ✓ Диаметр болта, их количество определяются расчетами на усилие в стержнях. Усилие направлено вдоль оси стержня.
- ✓ Расположение болтов может быть однорядным или многорядным.

**Примеры
болтового
соединения**





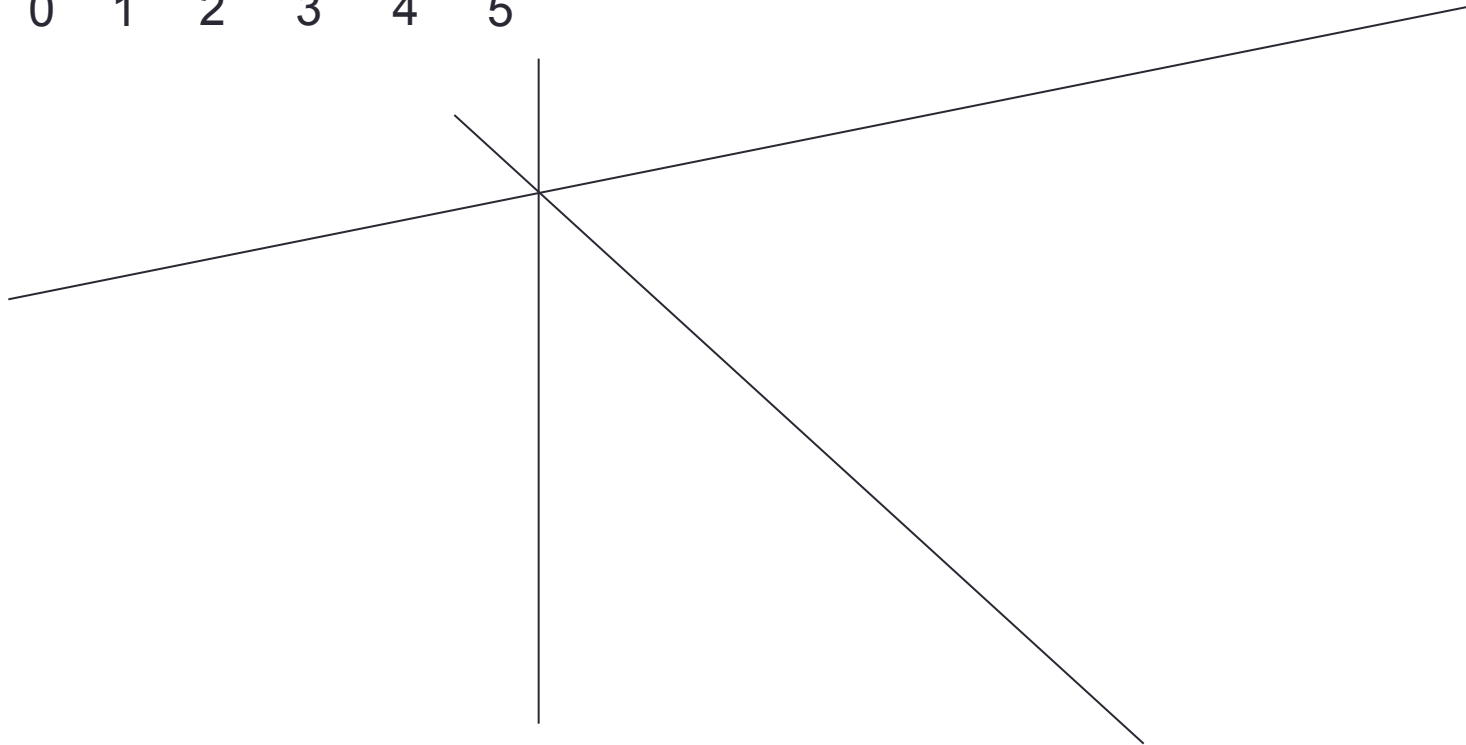
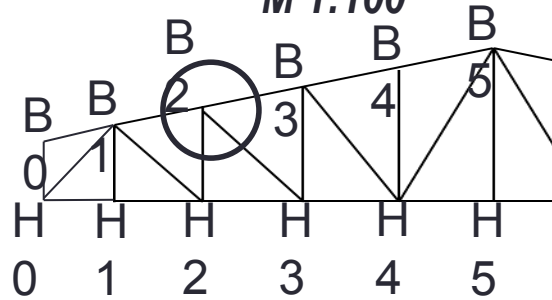


d – диаметр болта;
 $d_0 = d + (2 \dots 3 \text{ мм})$ – диаметр отверстия под болты;
 t – шаг (расстояние между соседними болтами);

$l = 0,1 \cdot l_0 \text{ (мм)}$ $l = 1,2 \cdot l_0 \text{ (мм)}$

Геометрическая схема фермы

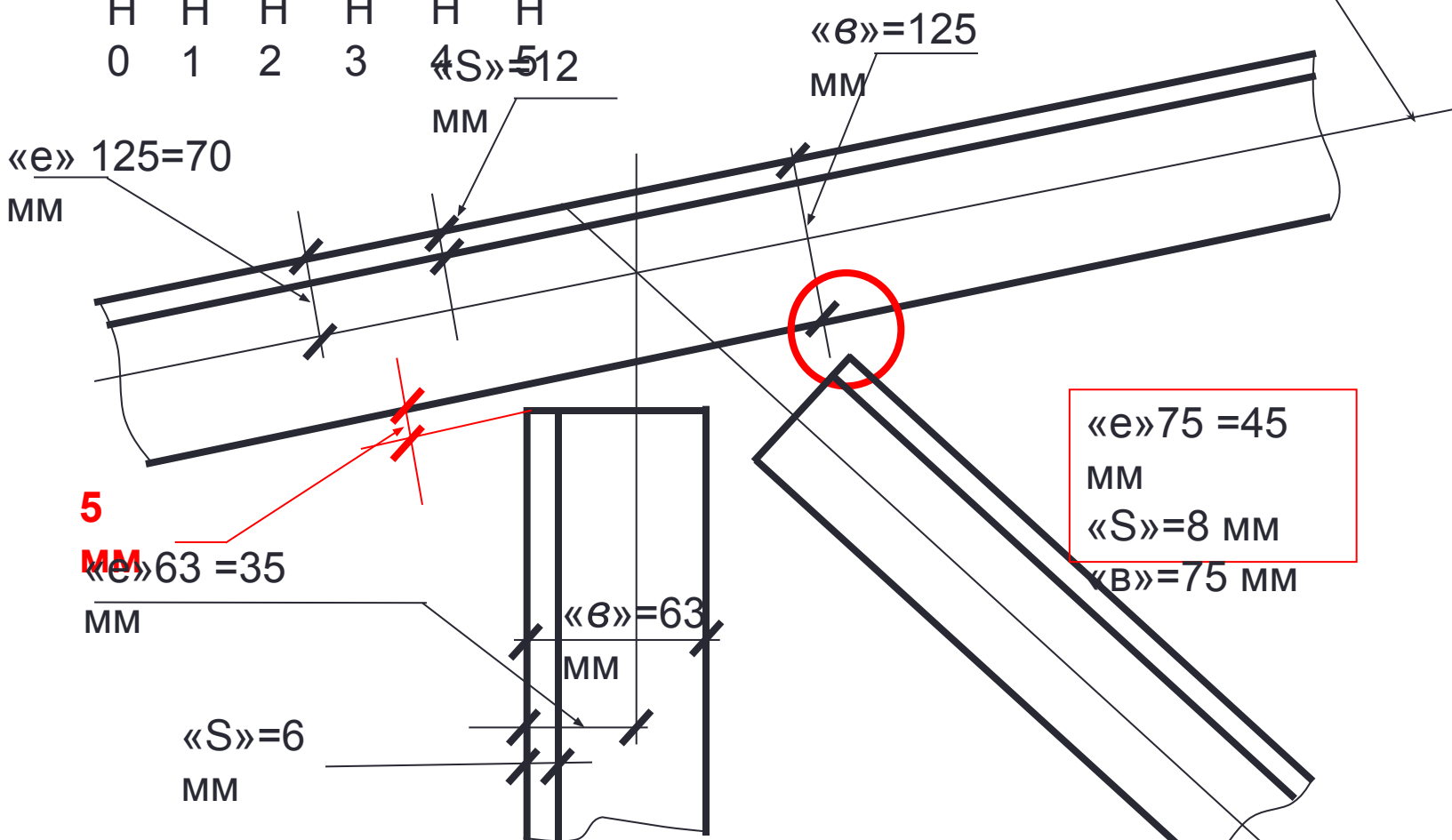
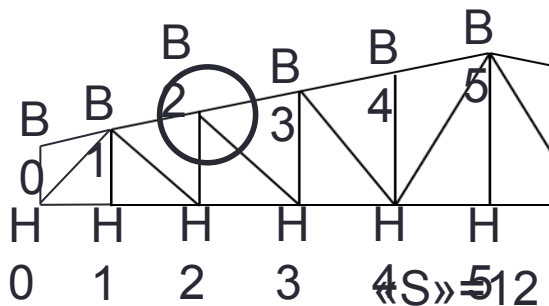
М 1:100



Геометрическая схема фермы

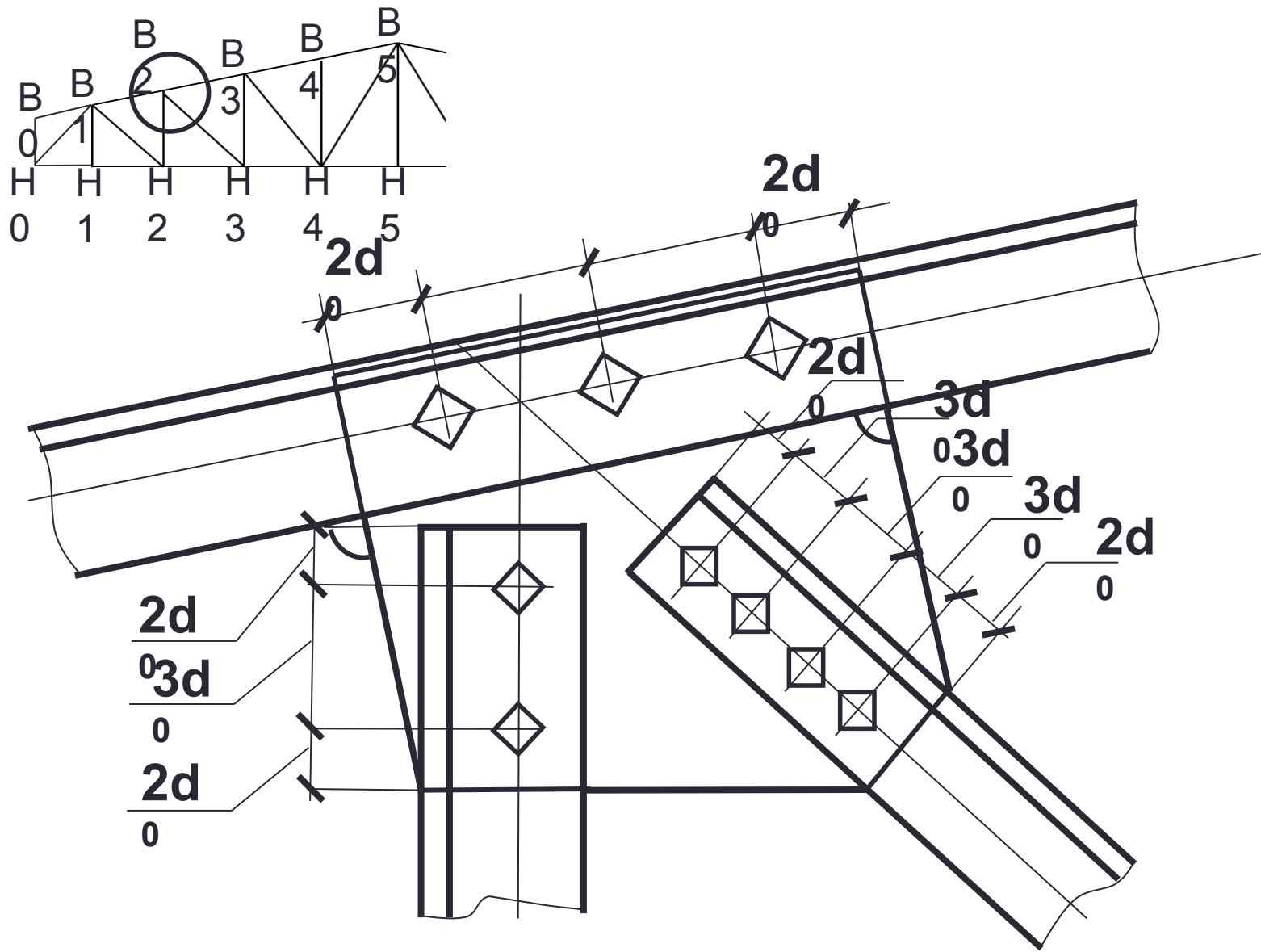
М 1:100

Линия риски «е»
В таблице сортаментов
«е» для 125 = 70
(вычертить в М 1:4)

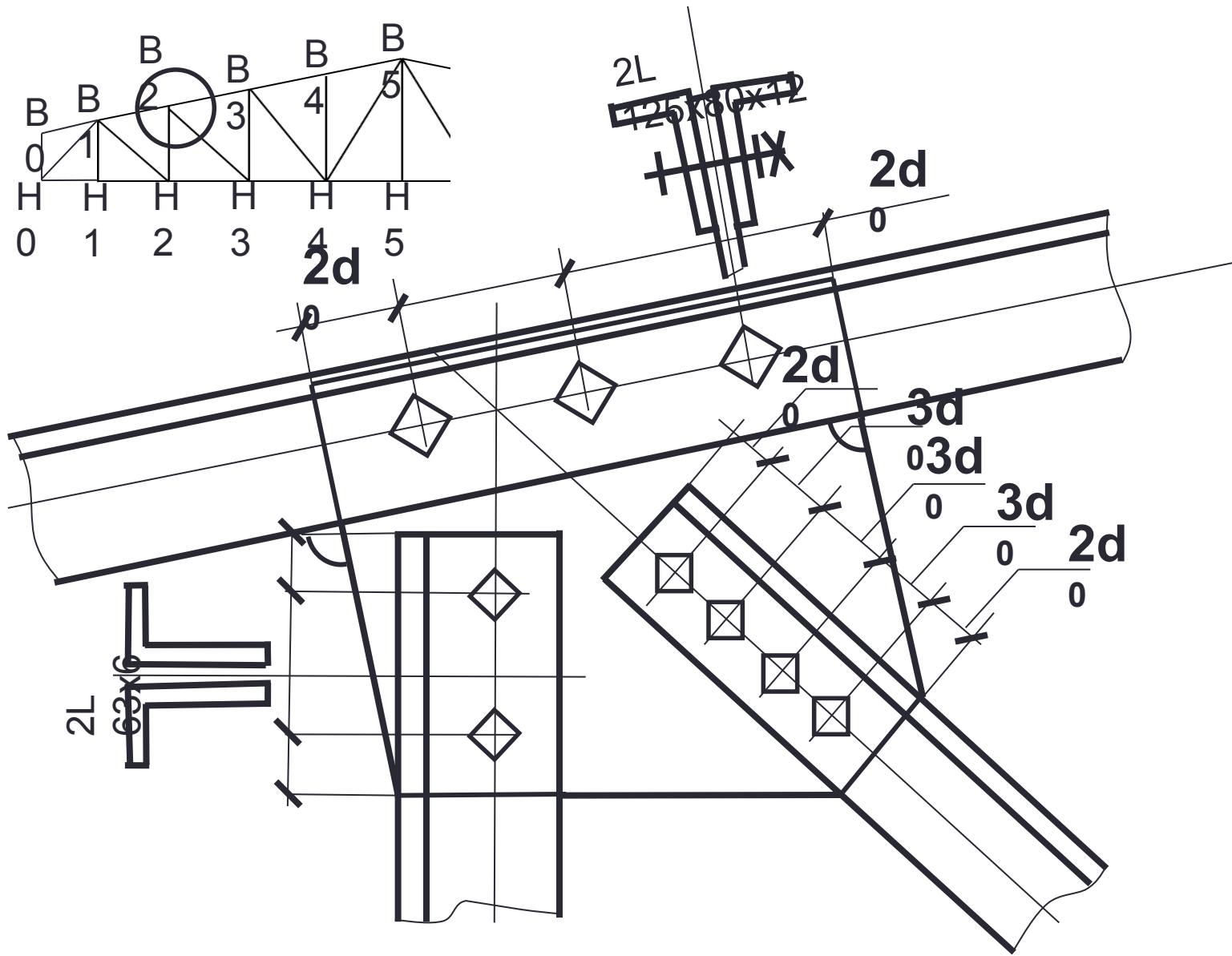
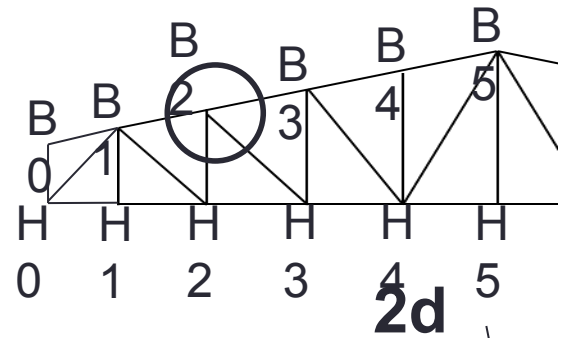


«e»75=45
MM
«S»=8 MM
«B»=75 MM

Геометрическая схема фермы
М 1:100

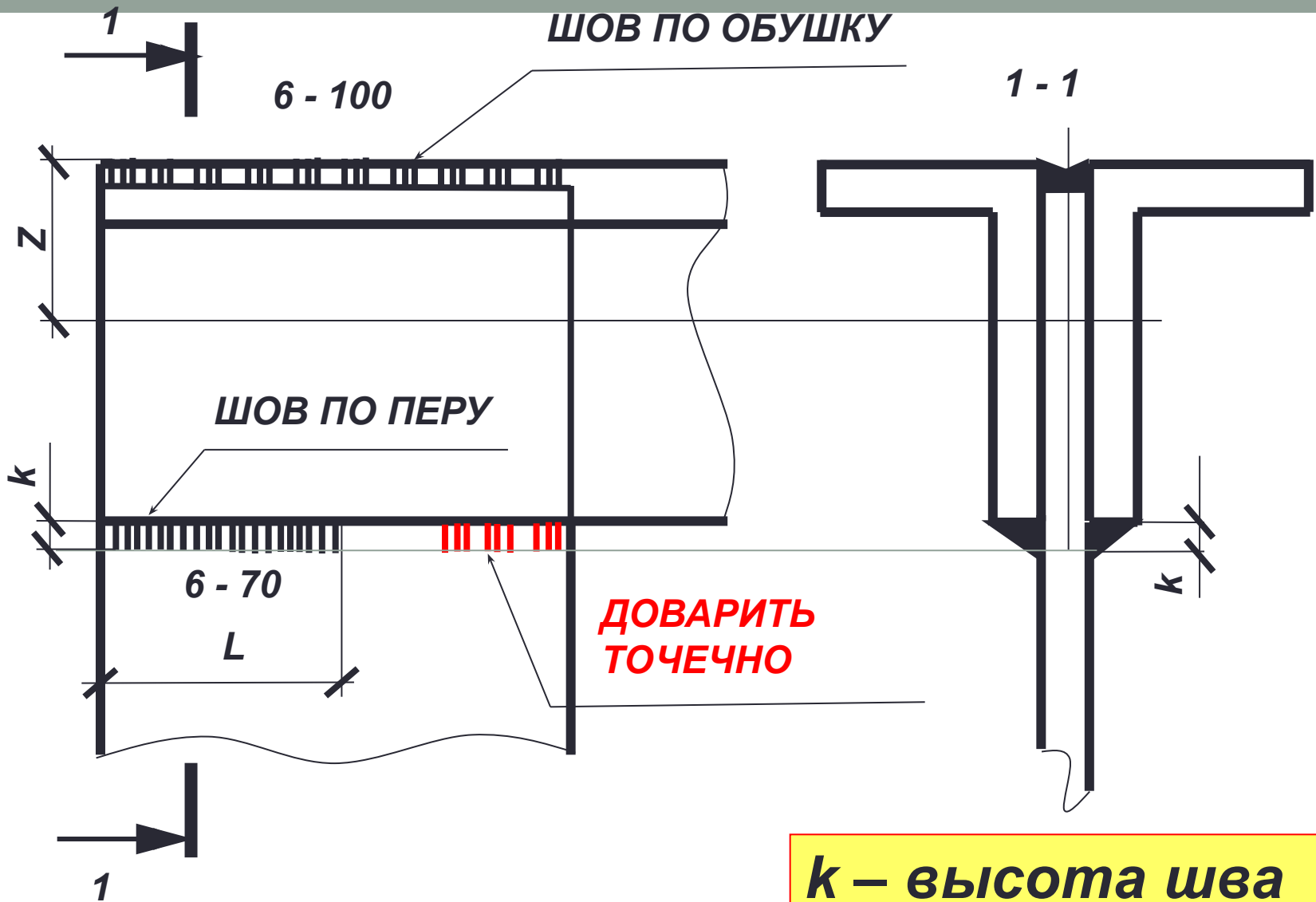


Геометрическая схема фермы
М 1:100



Сварное соединение

- ✓ **Сварка** – соединение материалов за счёт диффузии, происходящей под воздействием большой температуры.
- ✓ В месте соединения образуется наслоение металла, которое называется швом.



k – высота шва
L – длина шва

Условные обозначения сварных швов на чертежах (заводские)



- Видимый сплошной;



- невидимый сплошной;



- Видимый прерывистый;



- невидимый прерывистый.

Металлические фермы. Сварка

- Края стержней решетки не доводятся друг до друга и до поясов фермы на расстояние 50 мм

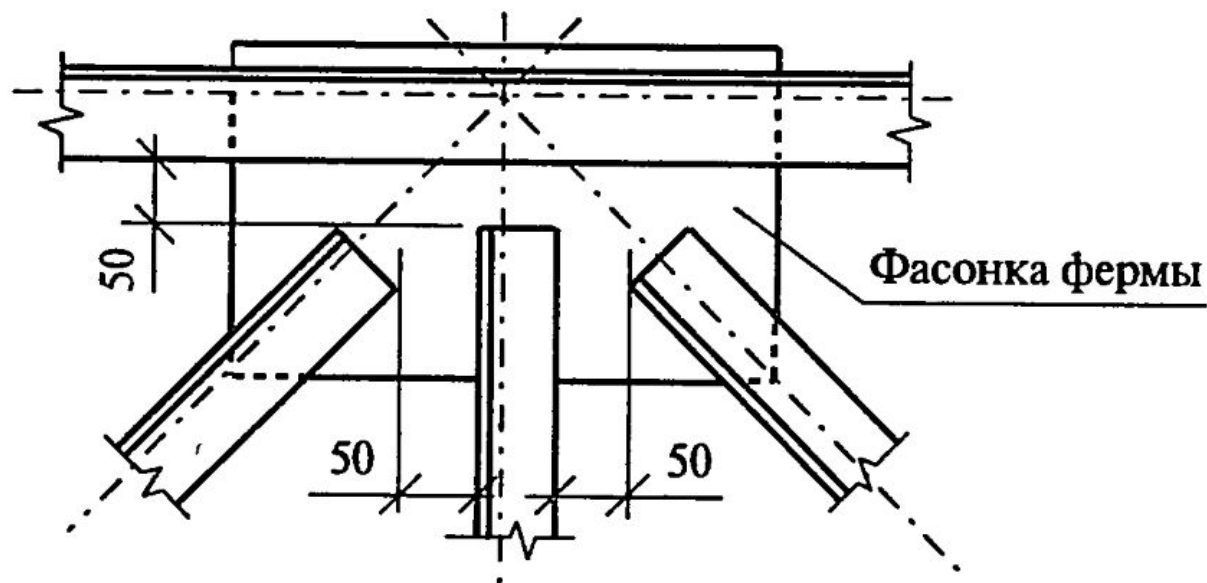


Рис. 9.15. Привязка края уголков друг к другу

Металлические фермы

- Для сечений стержней принимаются прокатные уголки с размерами полок не менее чем 50x50x5 мм (независимо от расчета)
 - Для обеспечения совместной работы уголков устанавливают «сухарики» (соединительные прокладки) на расстоянии:
 - Не более $40i$ для сжатых стержней
 - Не более $80i$ для растянутых
- i – радиус инерции одного уголка относительно оси у-у

Металлические фермы

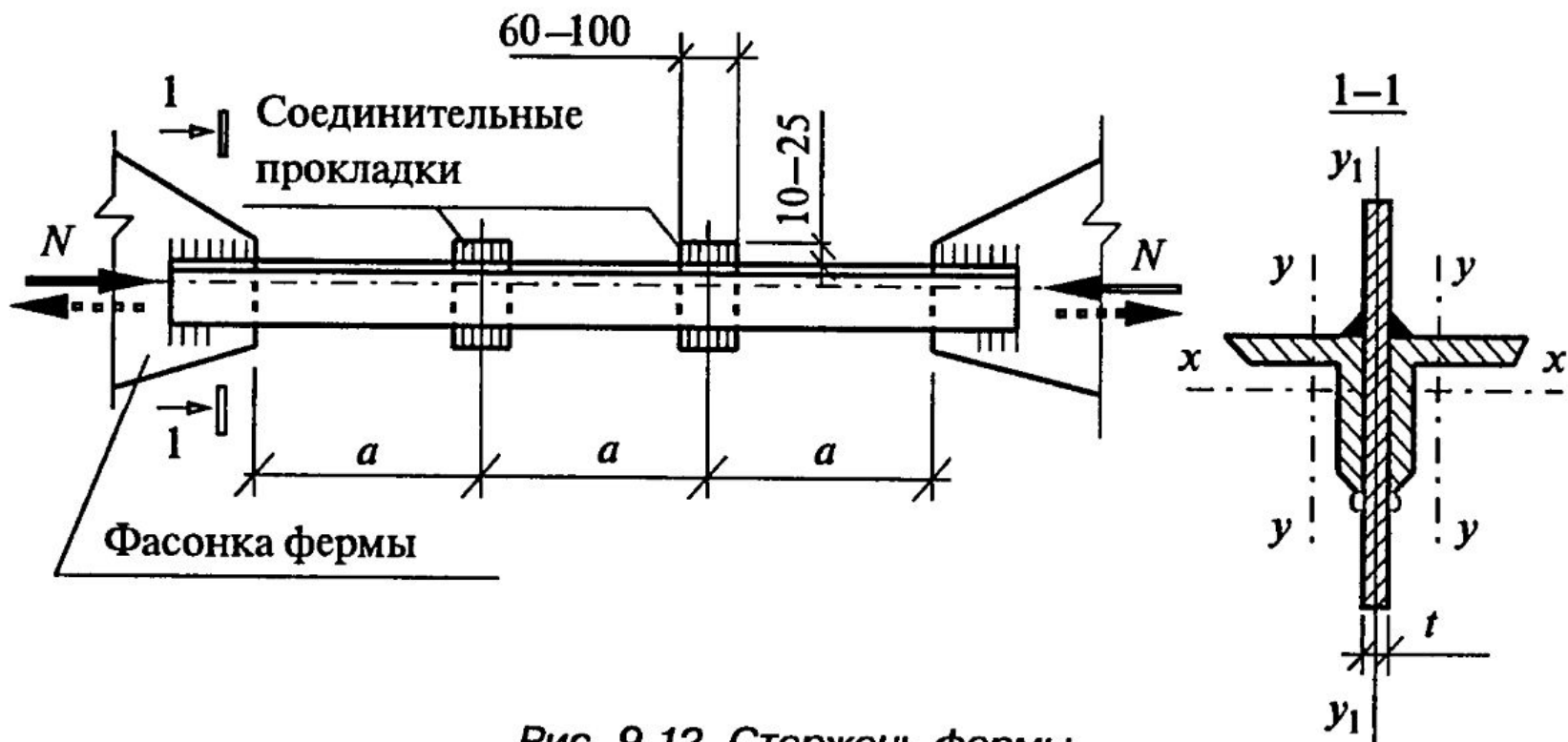


Рис. 9.12. Стержень фермы

Металлические фермы

- Толщина фасонок принимается одинаково для всей фермы
- Толщину фасонок выбирают в зависимости от действующих усилий




Таблица 7.3. Рекомендуемые толщины фасонок

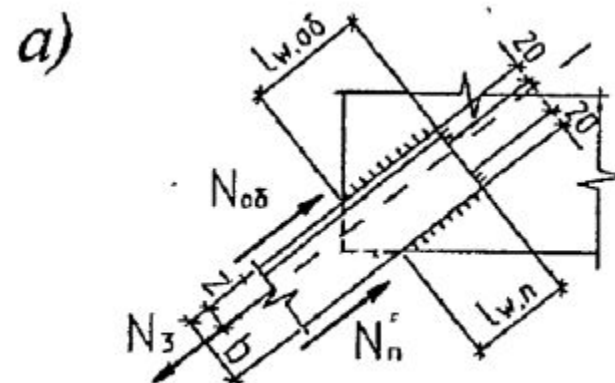
Максимальное усилие в стержнях решетки, кН	До 150	160-250	260-400	410-600	610-1000	1010-1400	1410-1800	Более 1800
Толщина фасонки, мм	6	8	10	12	14	16	18	20

Металлические фермы

- Размер фасонки определяется по необходимой длине шва крепления элемента

Таблица 7.4. Распределение усилий между швами по обушку и перу

Тип сечения	α_1	α_2
	0,7	0,3
	0,75	0,25
	0,65	0,35

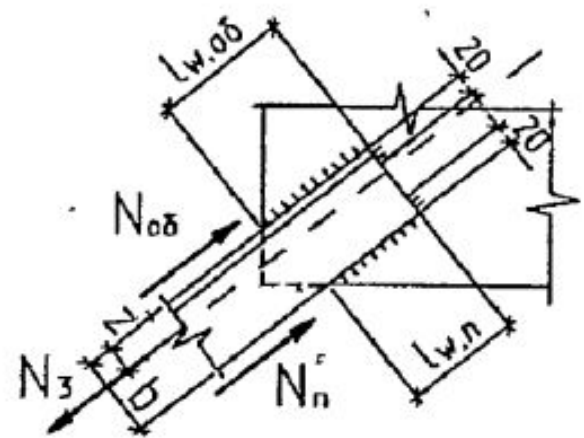


Металлические фермы

- Размер фасонок определяется по необходимой длине шва крепления элемента

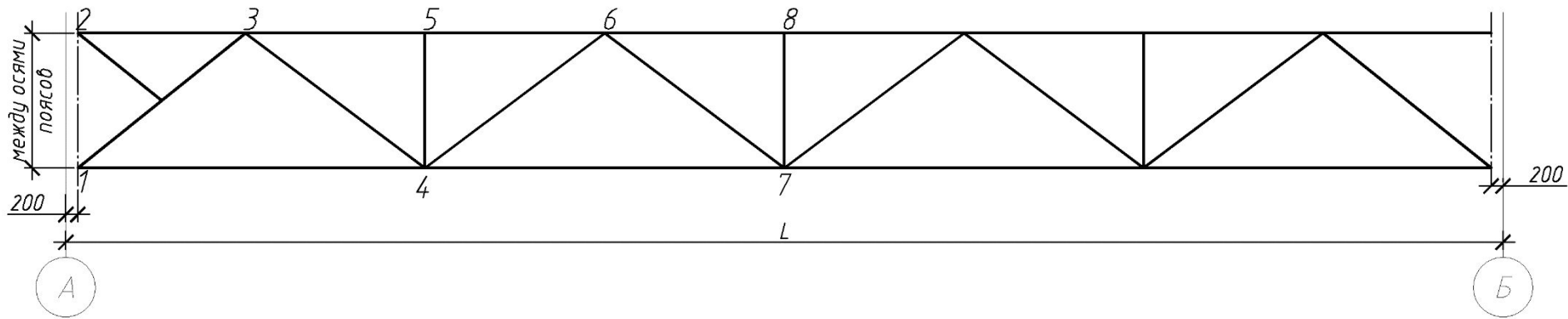
$$N_{об} = N(b - z_0)/b = \alpha_1 N ;$$

$$N_n = N z_0 / b = \alpha_2 N ,$$



Металлические фермы

- Наименьшая высота катета шва принимается по табл. 38 СП
- Наибольшая высота – $1,2t$ (t – наименьшая толщина свариваемого элемента)
- Длина шва вдоль обушка должна быть больше, чем по перу уголка
- Для обеспечения плавной передачи усилия и снижения концентрации напряжений угол между краем фасонки и элементом решетки должен быть не менее 15 градусов



1. Определяются действующие усилия
2. Выбираются материалы для сварки (приложение Г СП 16.13330.2017)
3. Назначаются катеты сварных швов по перу и по обушку (конструктивные требования)
4. Определяются требуемые расчетные длины сварных швов (*ф-лы 176, 177 СП 16.13330.2017*)

по металлу шва

$$\frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} \leq 1;$$

по металлу границы сплавления

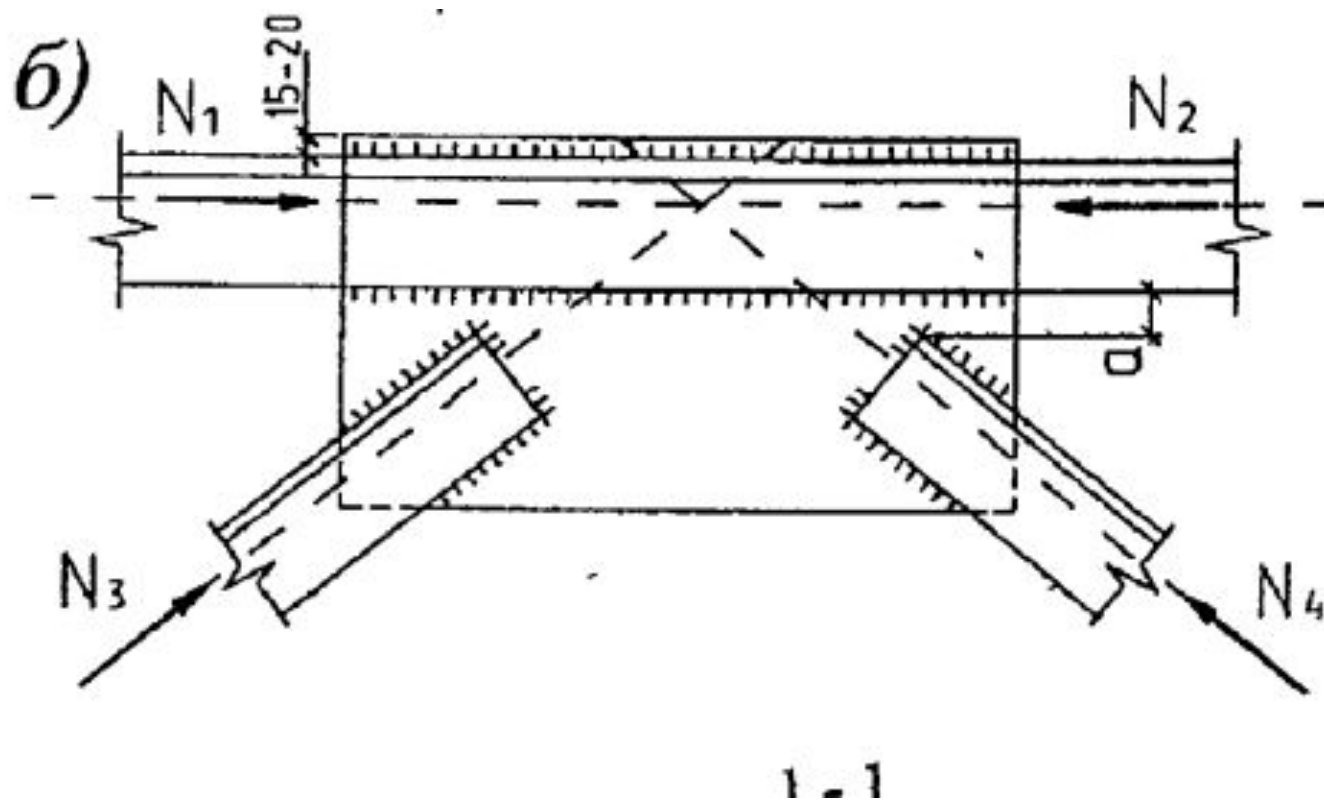
$$\frac{N}{\beta_z \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot \gamma_c} \leq 1.$$

Фактическая длина сварного шва назначается с учетом непровара **10 мм**

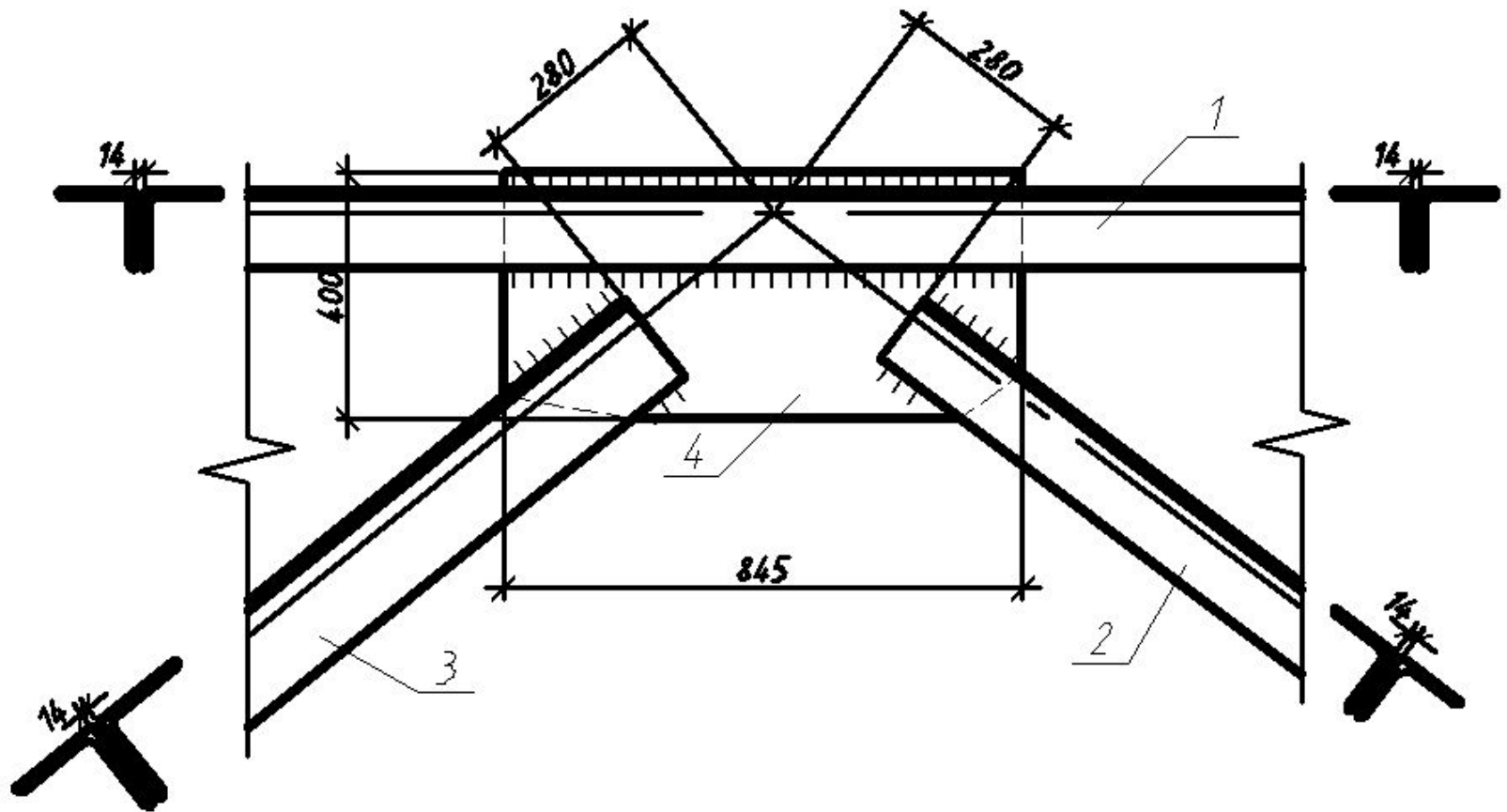
Кратно **5 мм**

Минимальная конструктивная расчетная длина не менее **4k_f** и не

Металлические фермы



Конструирование узлов



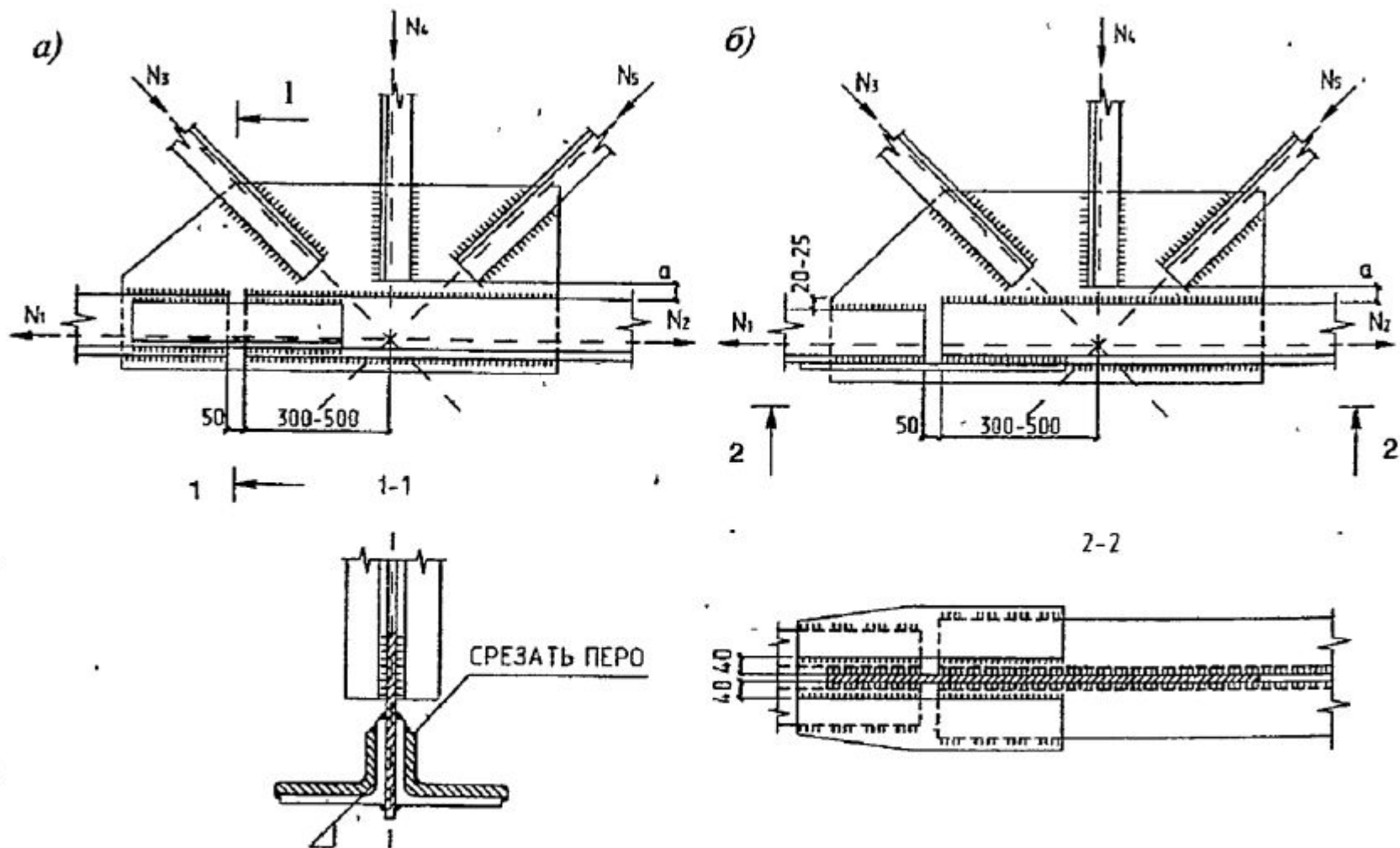
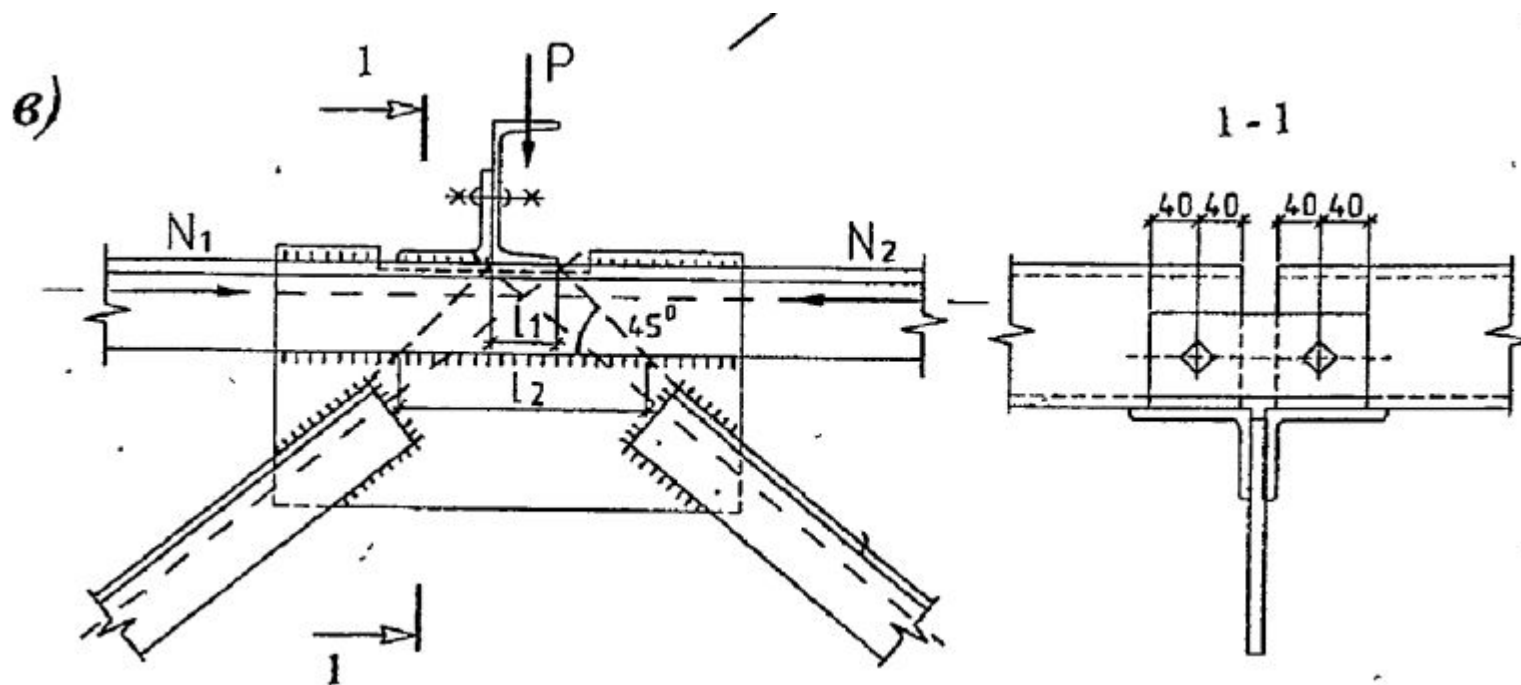


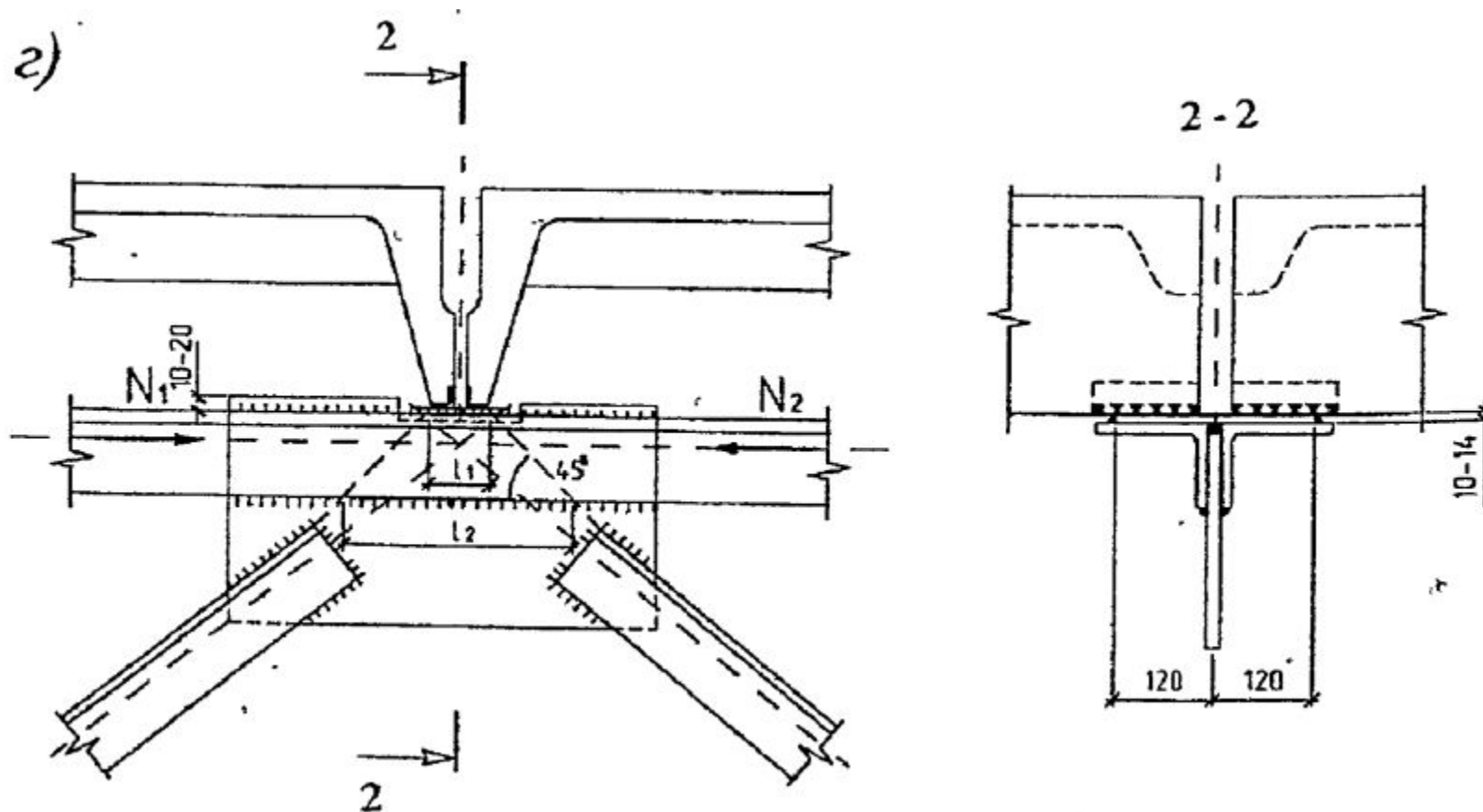
Рис. 7.16. Узлы ферм с изменением сечения пояса:

а - с уголковыми накладками, *б* - с листовыми накладками

Металлические фермы



Металлические фермы



Металлические фермы

Пример 7.7. По данным примера 7.6 рассчитать и законструировать узел 2. Сварка полуавтоматическая в среде углекислого газа, сварочная проволока Св-08Г2С, диаметр проволоки 2 мм. Расчетное сопротивление металла шва $R_{wf} = 21,5 \text{ кН/см}^2$. Сварка выполняется в нижнем положении, поэтому $\beta_f = 0,9$; $\beta_z = 1,05$; $\gamma_{wf} = \gamma_{wz} = 1$ (конструкции эксплуатируются при $t > -40^\circ\text{C}$).

Определим минимальную несущую способность углового шва:

по металлу шва $\beta_f R_{wf} = 0,9 \cdot 21,5 = 19,3 \text{ кН/см}^2$;

по границе сплавления $\beta_z R_{wz} = 1,05 \cdot 16,5 = 17,3 \text{ кН/см}^2$.

Так как $\beta_z R_{wz} < \beta_f R_{wf}$, расчет швов следует выполнять по границе сплавления

$$(\beta R_w)_{\min} = 17,3 \text{ кН/см}^2.$$



Необходимую длину швов крепления раскосов определим по формуле

$$l_w = \frac{N}{2k_f (\beta R_w)_{\min}} + 1 \text{ см},$$

где N — усилие, приходящееся на обушок или перо уголка (см. табл. 7.8).

Металлические фермы

Таблица 7.8. Расчет швов

Элемент	Сечение	N, кН	Шов по обушке			Шов по перу		
			$N_{об},$ кН	$k_f,$ мм	$l_w,$ мм	$N_n,$ кН	$k_f,$ мм	$l_w,$ мм
14-2	 110×70×8	343	257	6	140	86	6	60
2-13	 56×5	245	172	6	140	73	4	70

По полученным длинам швов крепления раскосов (рис. 7.30) определим размеры фасонки. Элементы решетки не доводим до пояса на расстояние $a = 6t - 20 = 6 \cdot 10 - 20 = 40$ мм. По размерам швов фасонку можно обрезать по пунктирной линии. Однако для удобства изготовления принимаем прямоугольную фасонку (все необходимые размеры узла даны на рис. 7.30).

Металлические фермы

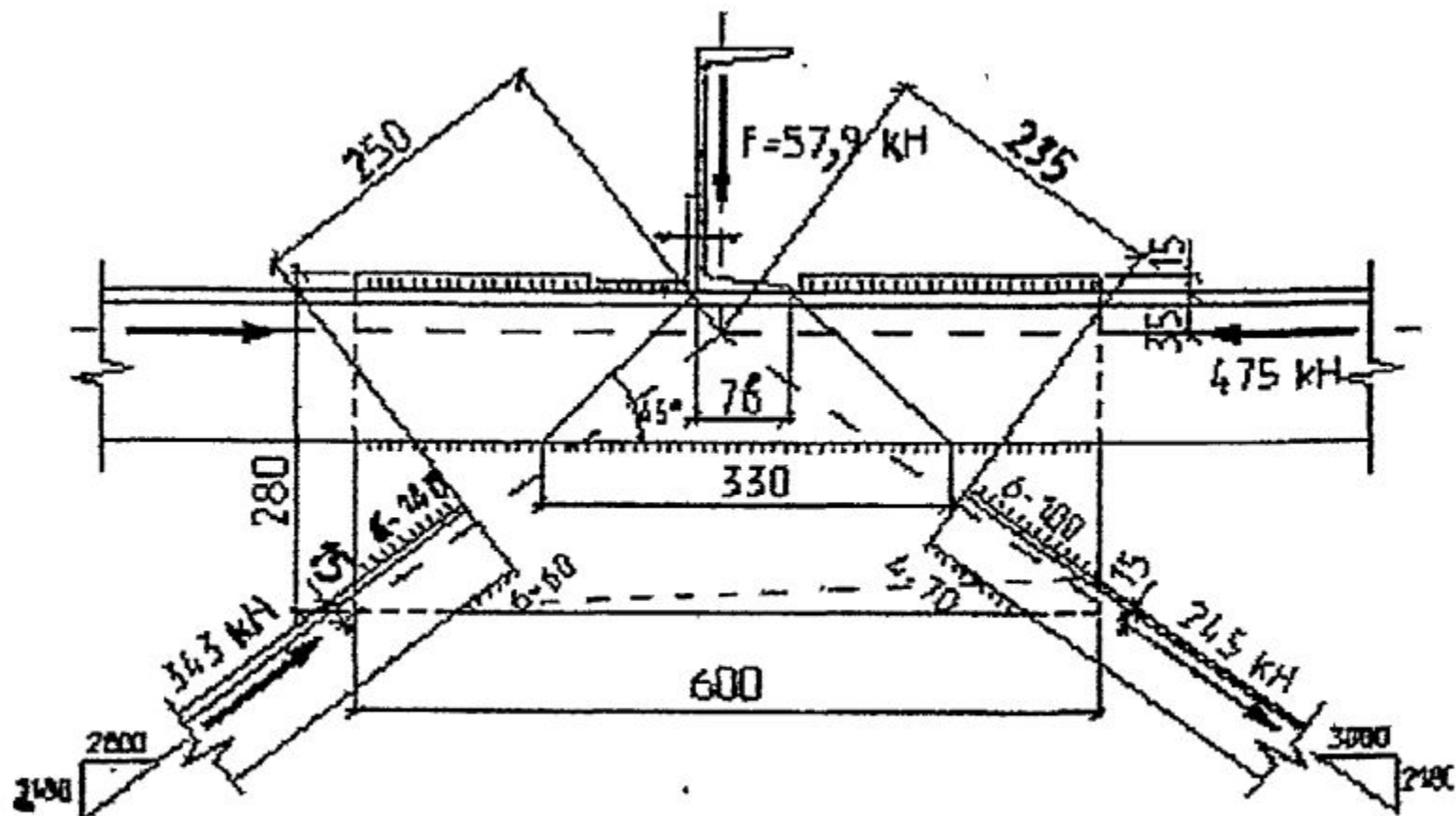


Рис. 7.30. К примеру 7.7

Металлические фермы

Швы крепления пояса к фасонке рассчитываем на совместное действие продольного усилия N , равного разности усилий в смежных панелях пояса, $N = 475 - 0 = 475$ кН и узловой нагрузки $F = 57,9$ кН [см. формулы (7.6)...(7.8)].

Длина швов крепления пояса к фасонке по полученным размерам фасонки составляет $60 - 1 = 59$ см, $\Sigma l_w = 59 \cdot 4 = 236$ см. Принимаем $k_f = 4$ мм;

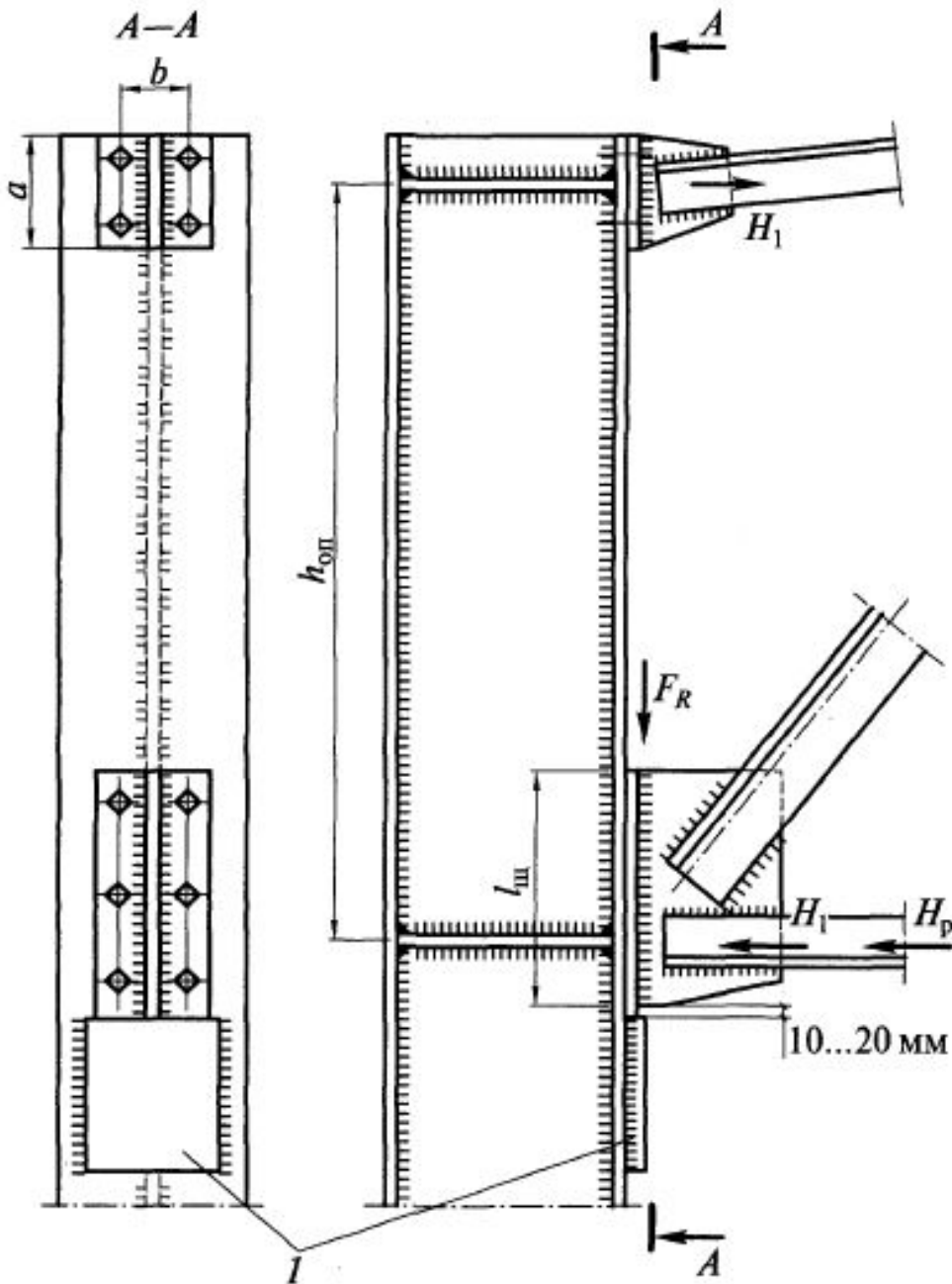
$$\tau_{wN} = \frac{N}{\beta_2 k_f \Sigma l_w} = \frac{475}{1,05 \cdot 0,4 \cdot 236} = 4,8 \text{ кН/см}^2 ;$$

$$\tau_{wF} = \frac{F}{\beta_2 k_f 2(l_1 + l_2)} = \frac{57,9}{1,05 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot (8 + 33)} = 1,7 \text{ кН/см}^2 ;$$

$$\tau_w = \sqrt{\tau_{wN}^2 + \tau_{wF}^2} = \sqrt{4,8^2 + 1,7^2} = 5,1 \text{ кН/см}^2 < R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c = 16,5 \text{ кН/см}^2 .$$

Прочность шва обеспечена с большим запасом.

Сопряжение фермы с колонной



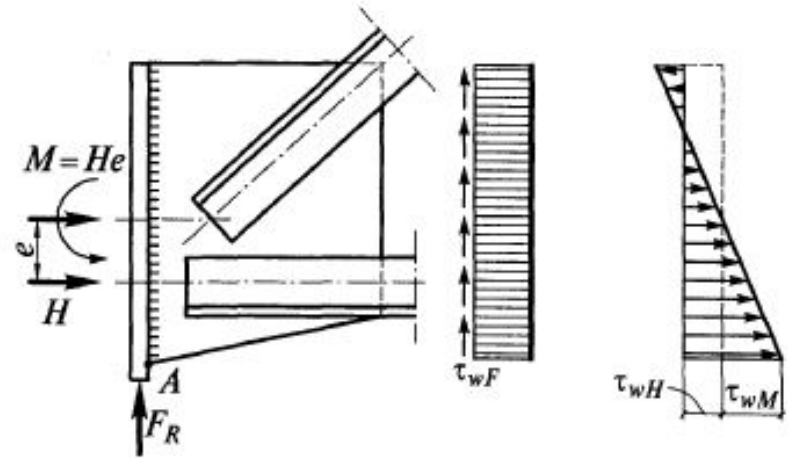
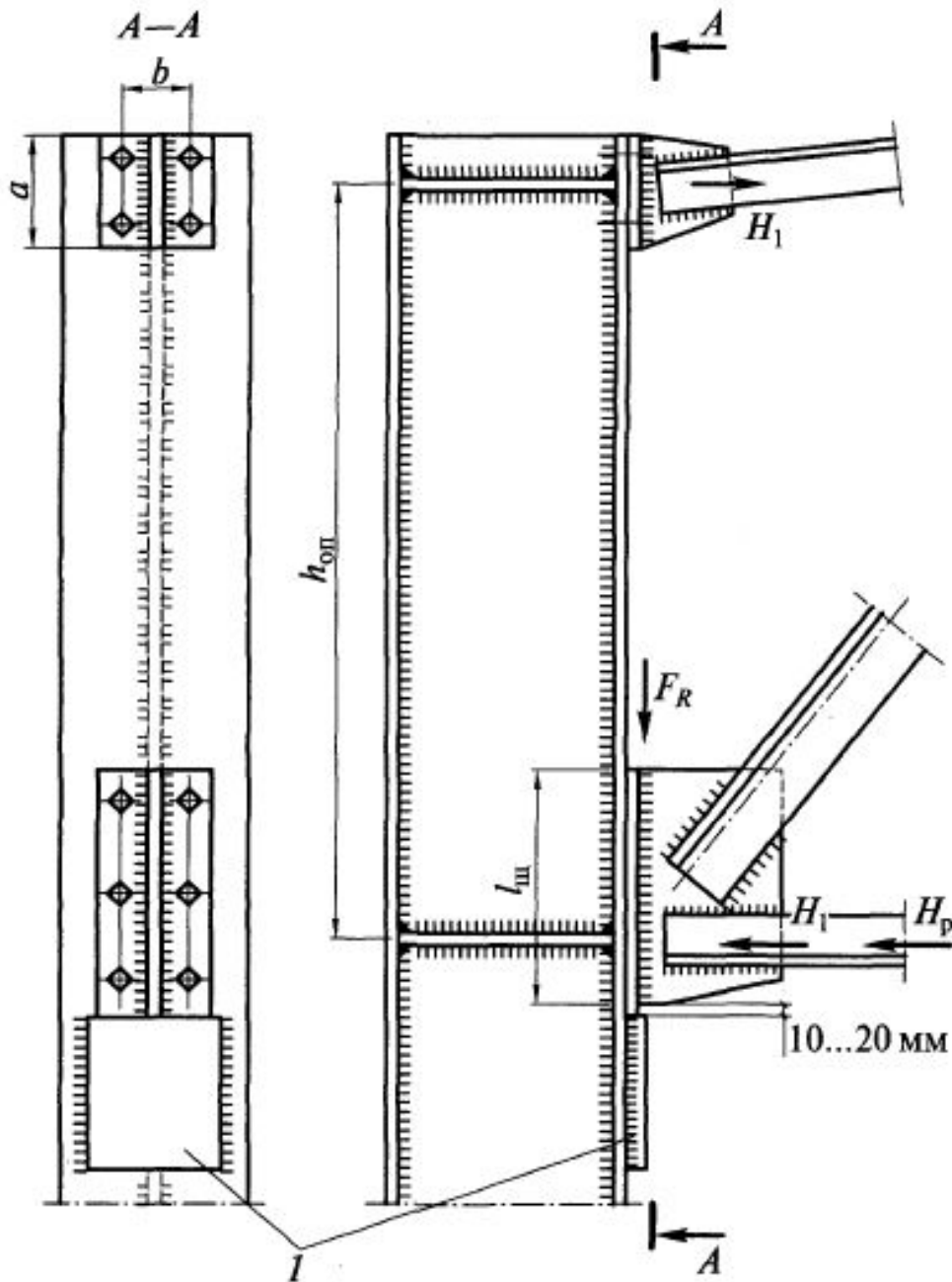
1 Определяют требуемую площадь опирания опорного фланца нижнего пояса

$$\frac{1,2F_R}{A \cdot R_p \cdot \gamma_c} \leq 1$$

2 Толщину опорного столика назначают в пределах **30 – 40 мм**

3 Определяют высоту опорного столика из условия размещения сварных швов (*ф-лы 176, 177 СП*)

Сопряжение фермы с колонной



Швы крепления опорного фланца к фасонке проверяют на действие опорной реакции фермы и распора

По металлу шва

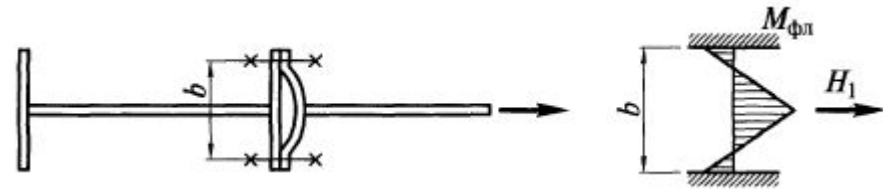
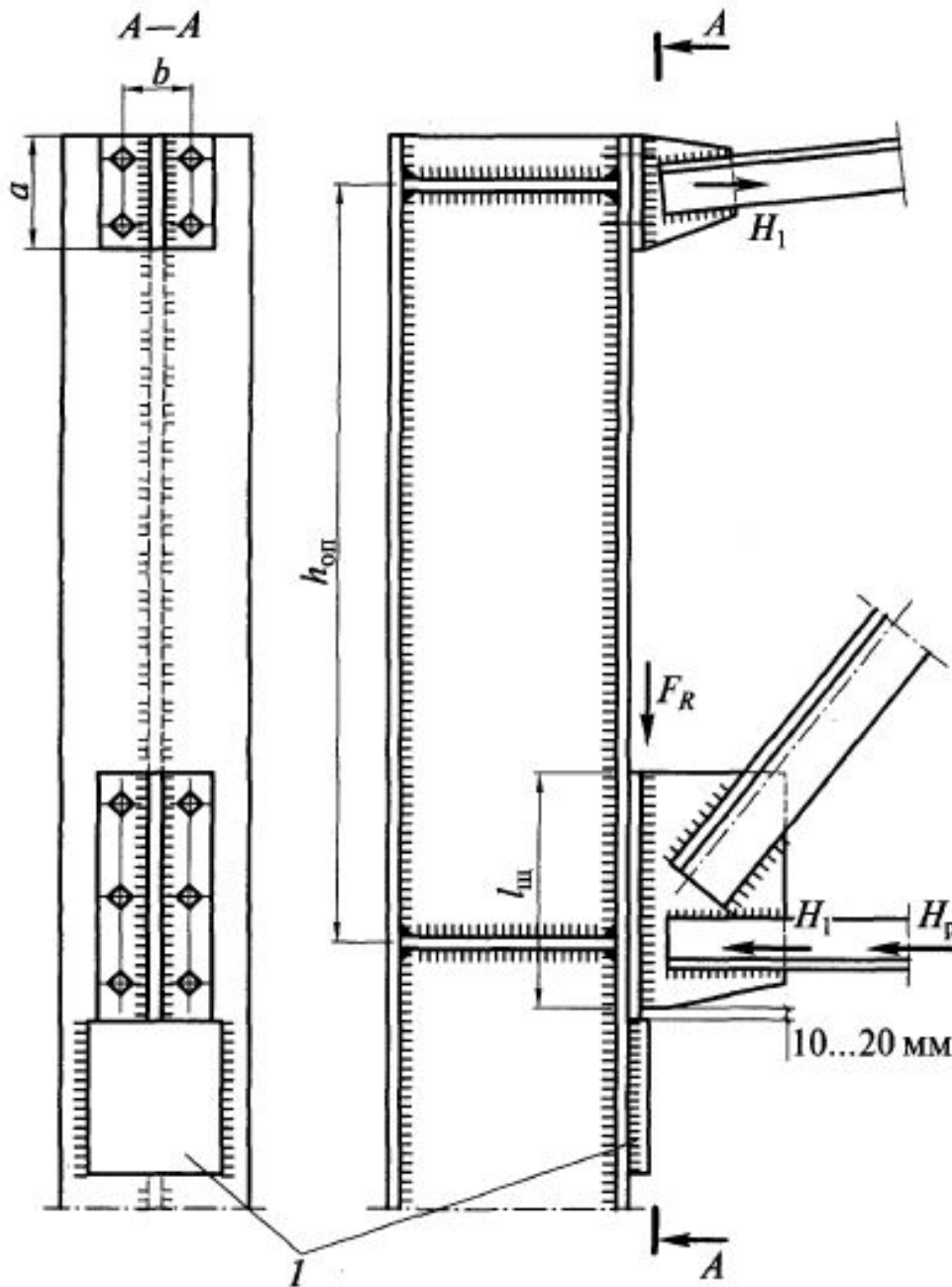
$$\tau = \sqrt{(\tau_F)^2 + (\tau_H + \tau_M)^2} \leq R_{wf} \cdot \gamma_c$$

$$\tau_M = M / W_f = 6 \cdot H_e / (2\beta_f k_f l_w^2);$$

$$\tau_F = F_R / (2\beta_f k_f l_w);$$

$$\tau_H = H / (2\beta_f k_f l_w).$$

Сопряжение фермы с колонной



Фланец верхнего пояса работает на изгиб, как балка пролетом b

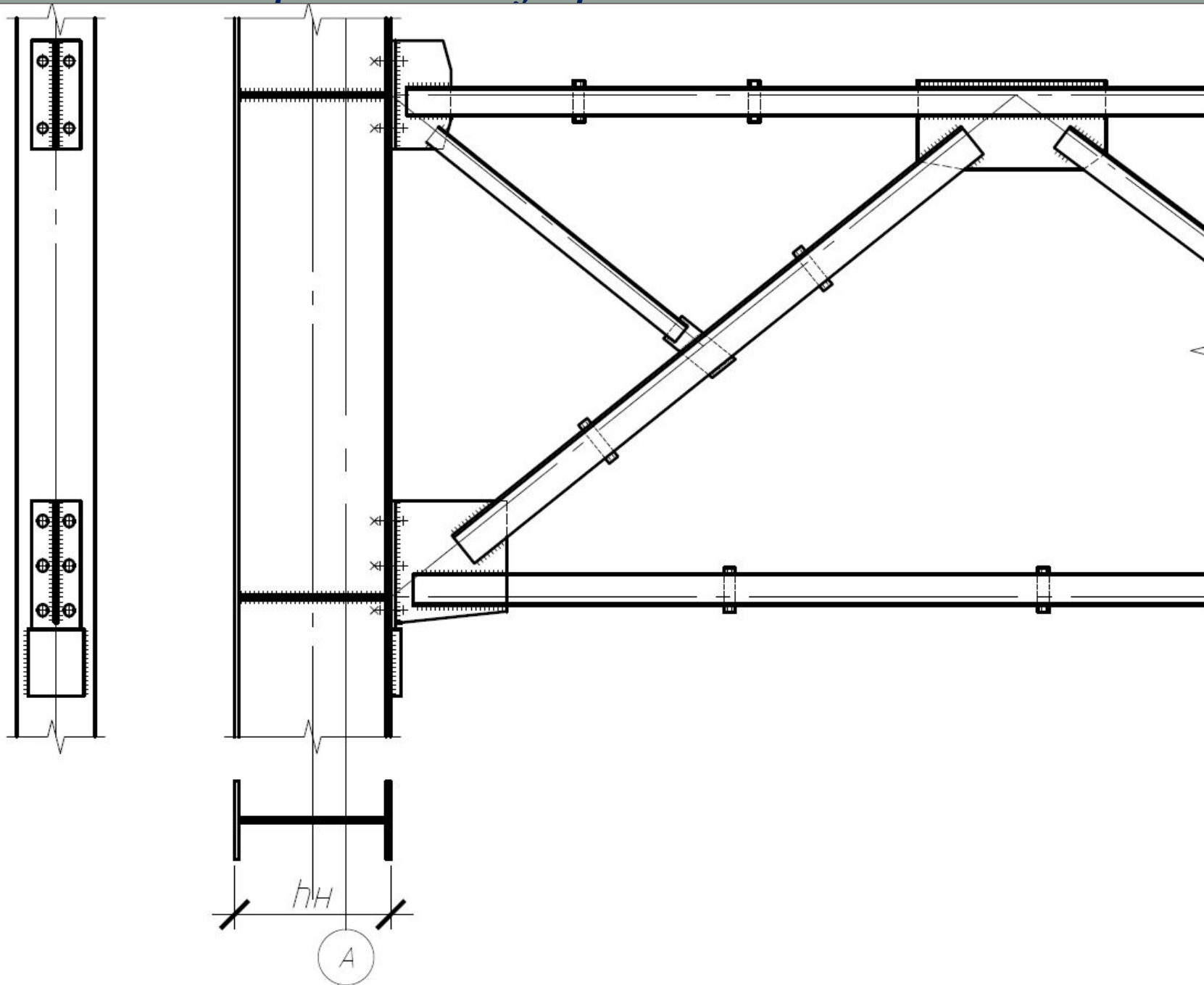
$$M_{\text{фл}} = H_1 b / 8$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{фл}}}{W} = \frac{3H_1 b}{4at_{\text{фл}}^2} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

Сварные швы крепления фасонки верхнего пояса к фланцу проверяются на срез по *ф-лам 176, 177 СП*.

Болты проверяются на растяжение (*ф-ла 188 СП*)

Сопряжение фермы с колонной



Металлические фермы

Пример 7.8. Рассчитать и законструировать опорный узел по типу узла на рис. 7.19. Исходные данные принять по примерам 7.6 и 7.7.

Швы крепления опорного раскоса те же, что и в узле 2 (см. пример 7.7). *Расчет швов крепления нижнего пояса.*

Принимаем $k_f = 6$ мм;

$$\text{длина шва по обушке } l_w = \frac{0,75N}{2k_f(\beta R_w)_{\min}} + 1 = \frac{0,75 \cdot 276}{2 \cdot 0,6 \cdot 17,3} + 1 = 11 \text{ см} .$$

$$\text{по перу } l_w = \frac{0,25 \cdot 276}{2 \cdot 0,6 \cdot 17,3} + 1 = 5 \text{ см} .$$

Принимаем конфигурацию фасонки с минимальным числом резов. Фактическая длина швов при этом будет больше, чем требуется по расчету.

Металлические фермы

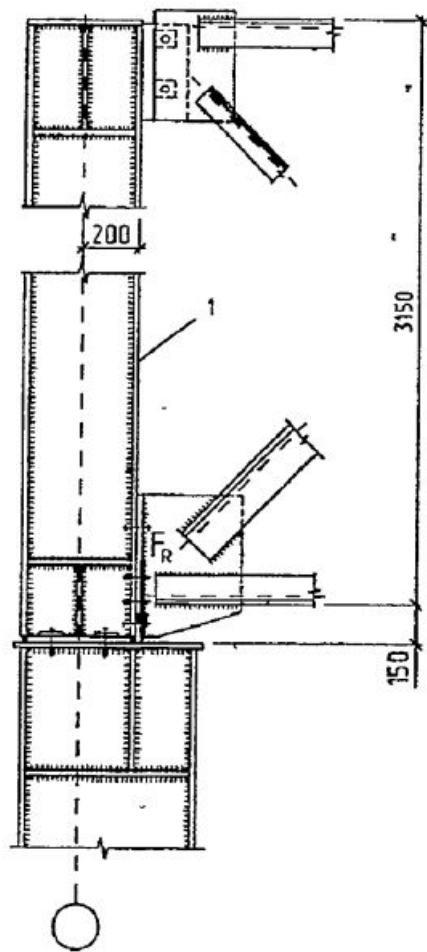


Рис. 7.19. Опираение фермы на колонну сверху

Металлические фермы

Можно уменьшить катеты швов приварки пояса к фасонке до 4 мм. Тогда:

$$\text{по обушку } l_w = \frac{0,75 \cdot 276}{2 \cdot 0,4 \cdot 17,3} + 1 = 16 \text{ см}; \text{ по перу } l_w = \frac{0,25 \cdot 276}{2 \cdot 0,4 \cdot 17,3} + 1 = 6 \text{ см}.$$

Из условия смятия (при фрезеровке торца) определим требуемую толщину опорного фланца: $t_f = \frac{F_R}{R_p b_f} = \frac{202,6}{36 \cdot 15} = 0,38 \text{ см}$, здесь $R_p = 36 \text{ кН/см}^2$ — расчетное сопротивление смятию стали С245; $b_f = 15 \text{ см}$ — ширина опорного фланца, принятая из условия размещения болтов. Из конструктивных соображений принимаем толщину фланца такой же, что и толщина фасонки, т.е. 10 мм. Выпускаем фланцы за пределы фасонки на $1,5t_f = 15 \text{ мм}$.

Металлические фермы

Длина шва крепления фасонки к фланцу определена конструкцией узла (рис. 7.31) и составляет (40 - 1)см. Принимаем минимальный катет шва $k_f=4$ мм. Предельная расчетная длина шва $l_w = 85\beta_f k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 0,4 = 31$ см, что меньше фактической.

Включаем в расчет только часть шва длиной $l_w = 85\beta_f k_f = 31$ см.

Проверка прочности шва:

$$\frac{F_R}{2l_w k_f (\beta R_w)_{\min}} = \frac{202,6}{2 \cdot 31 \cdot 0,4 \cdot 17,3} =$$

$= 0,47 < 1$. Прочность шва обеспечена. Для крепления фланца к надпорной стойке принимаем болты М20. Поскольку болты соединительные, устанавливаем их на максимальных расстояниях

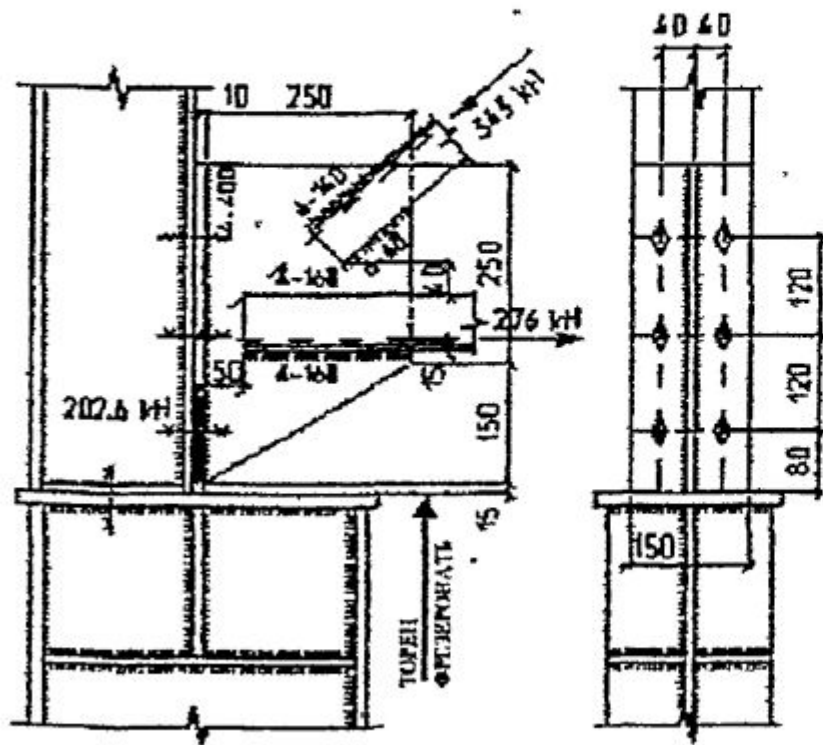


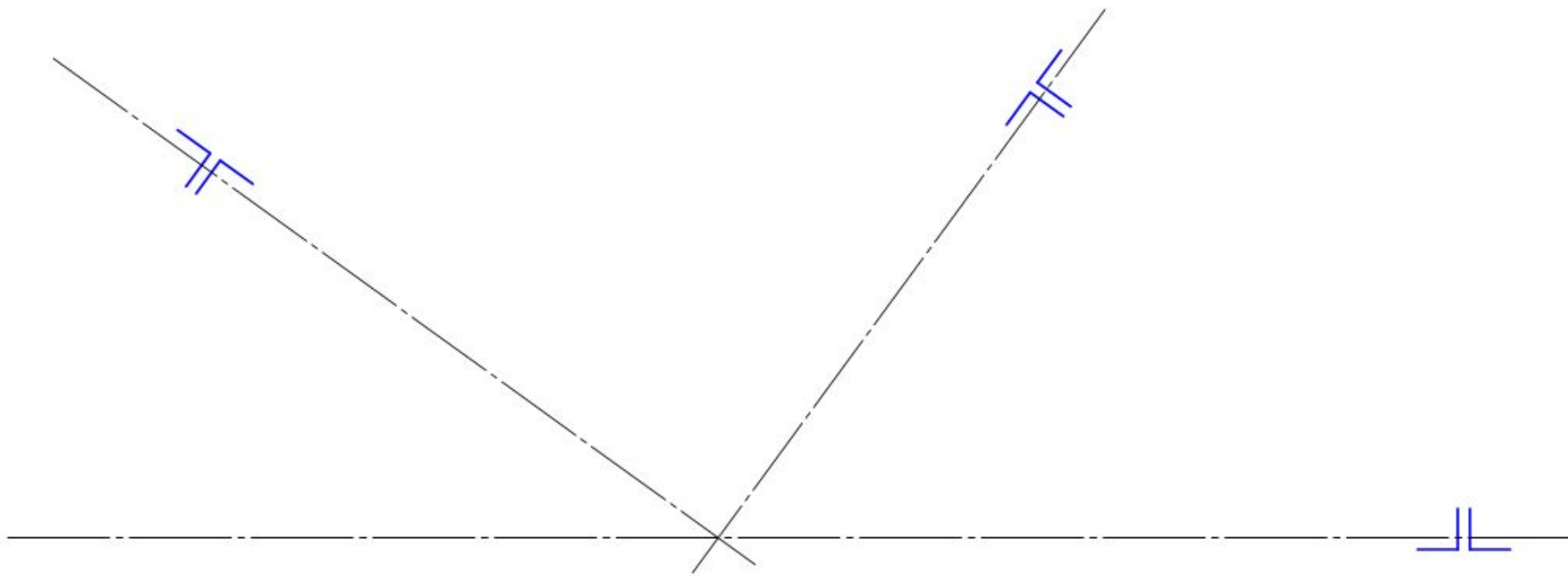
Рис. 7.31. К примеру 7.8

Сравнительные примеры конструирования некоторых узлов фермы

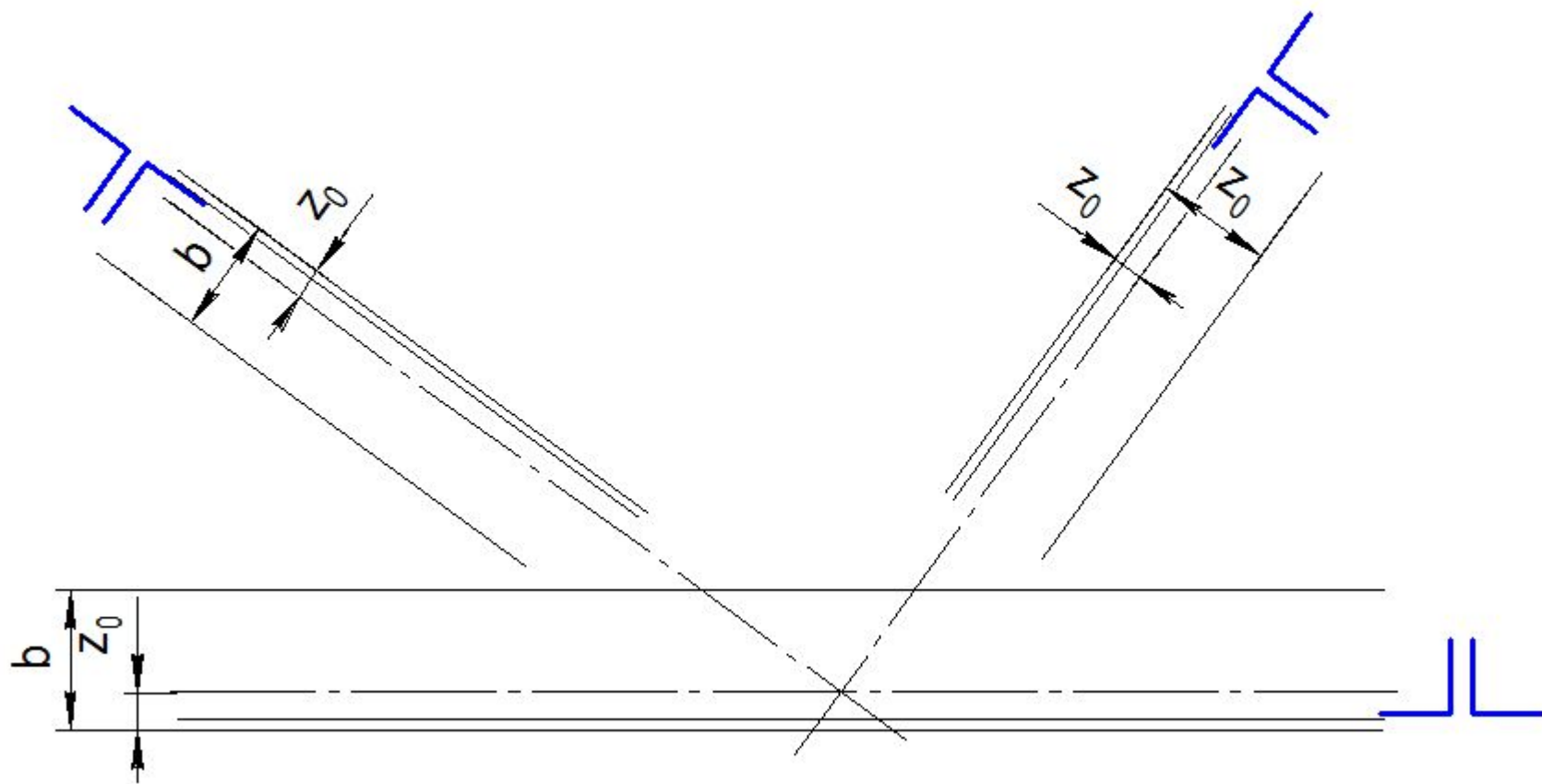
	Неправильно	Правильно
1		
2		
3		
4		

**Последовательность действий
при проектировании узла
металлической фермы, в
котором соединяются три и
более стержней**

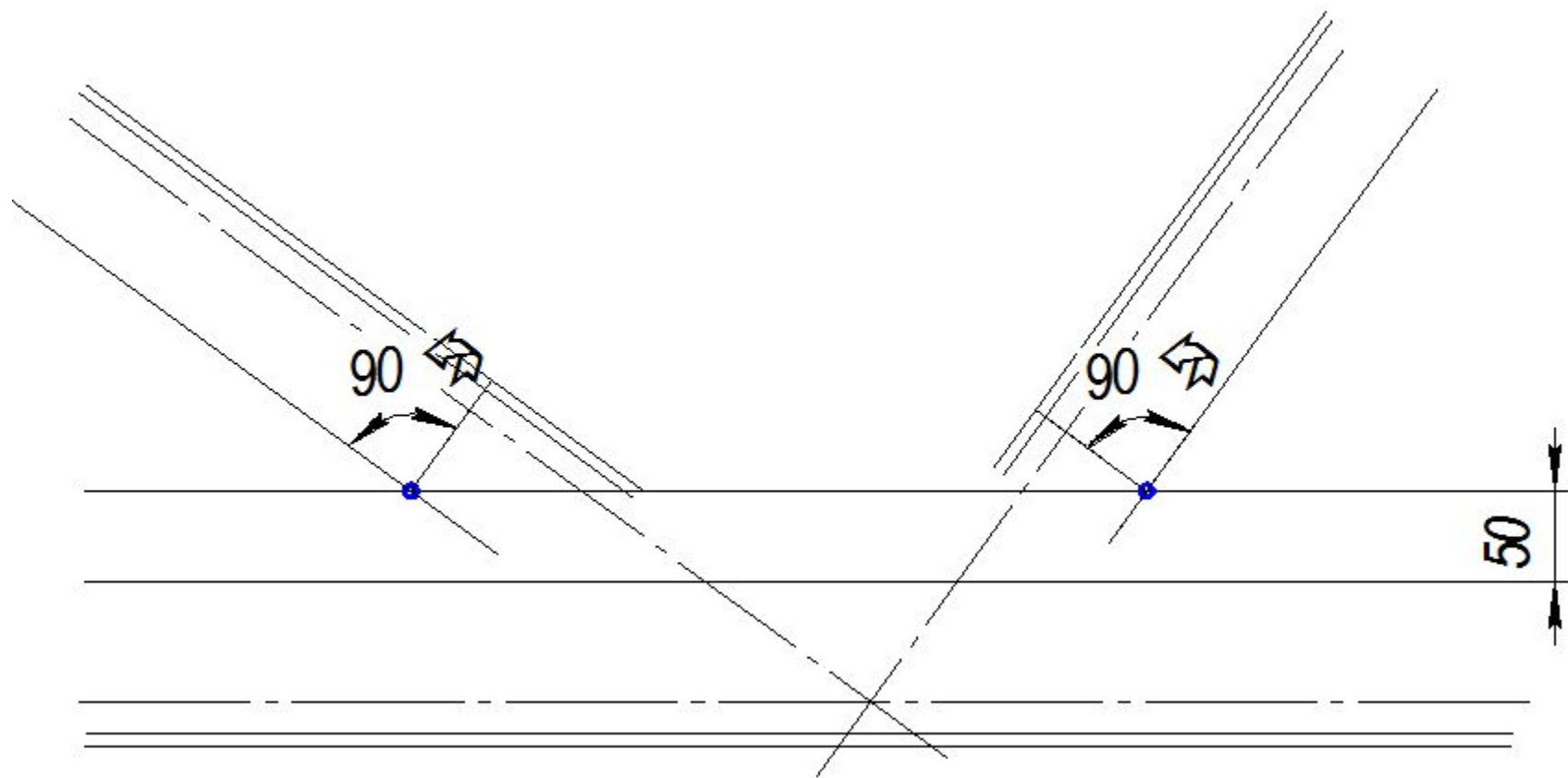
Шаг 1



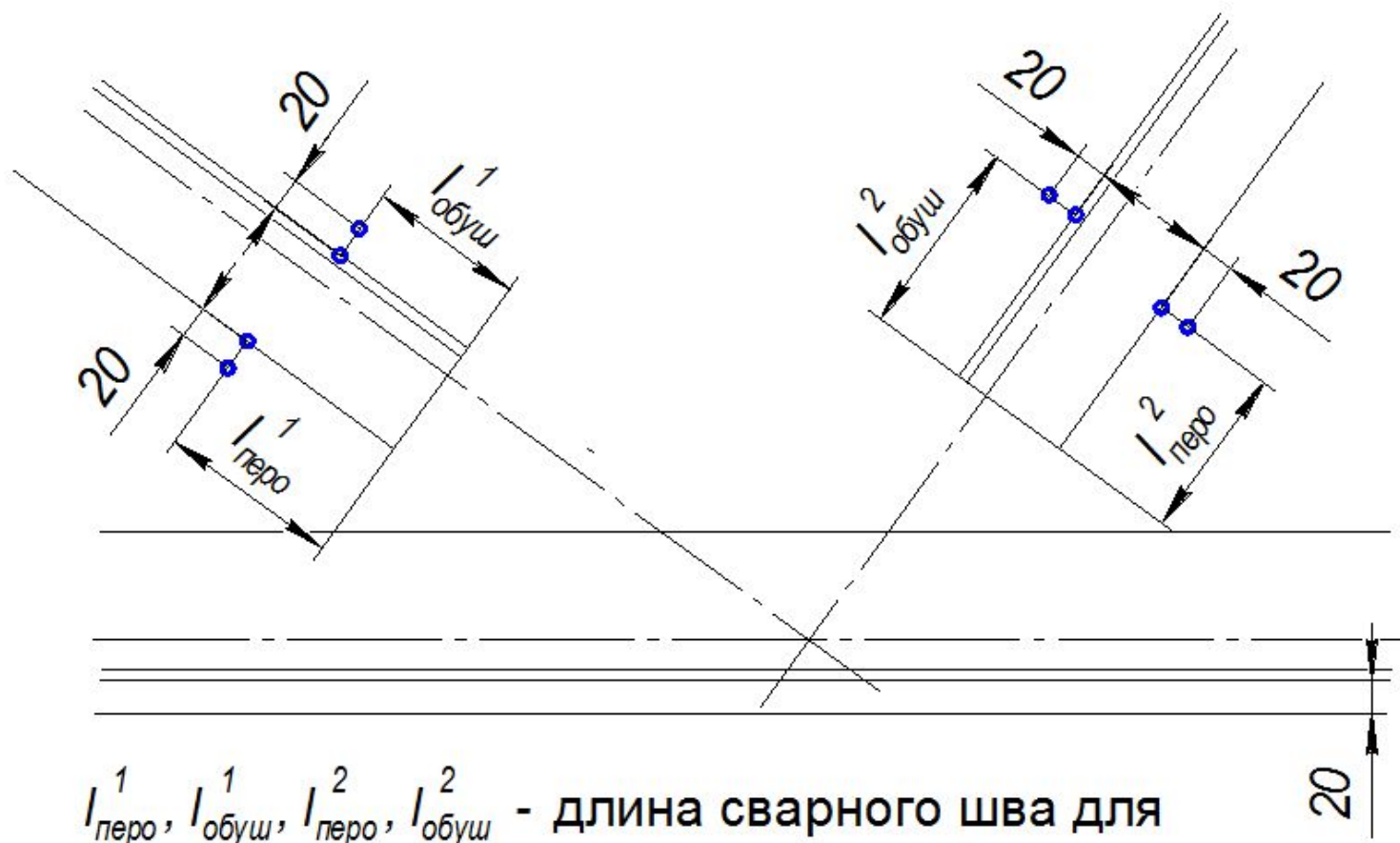
Шаг 2



Шаг 3

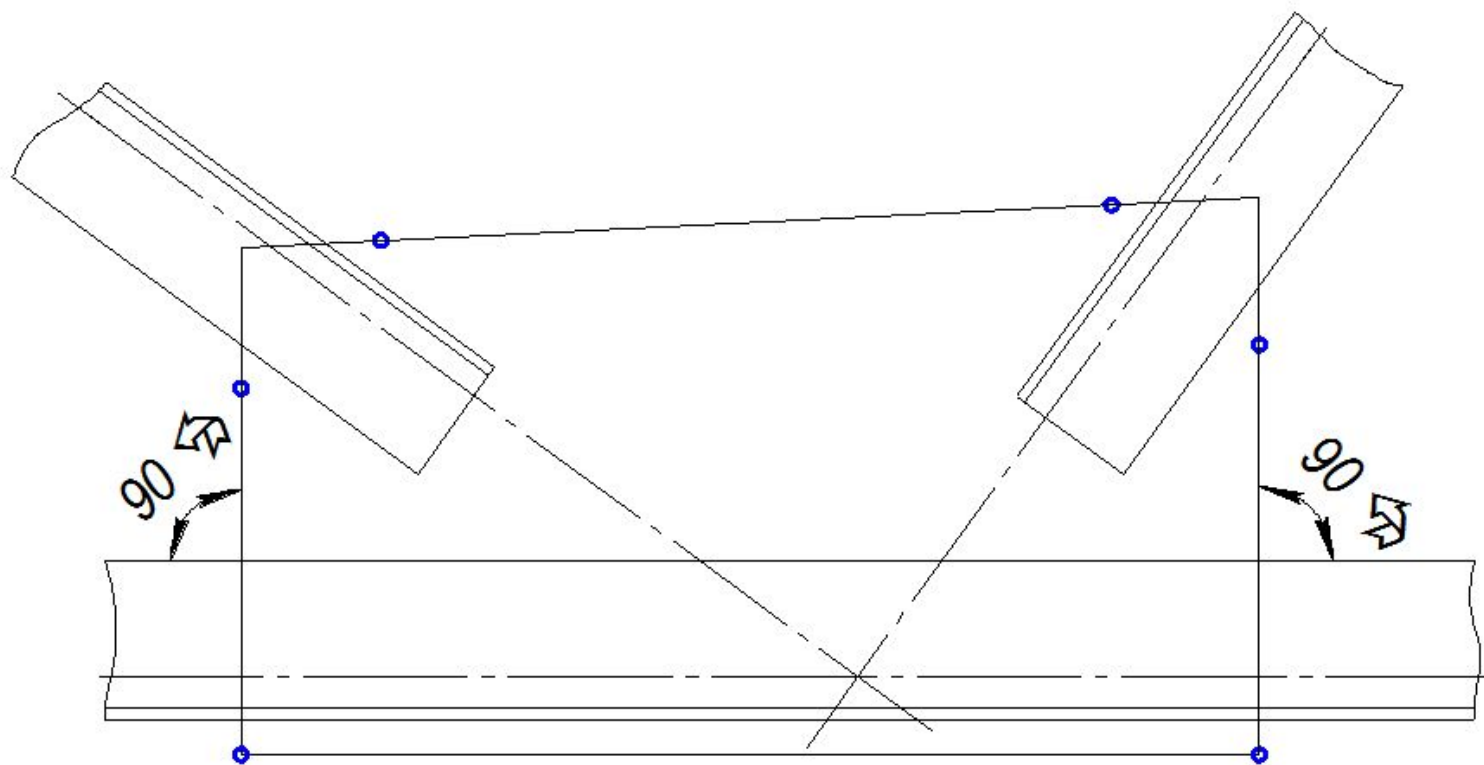


Шаг 4

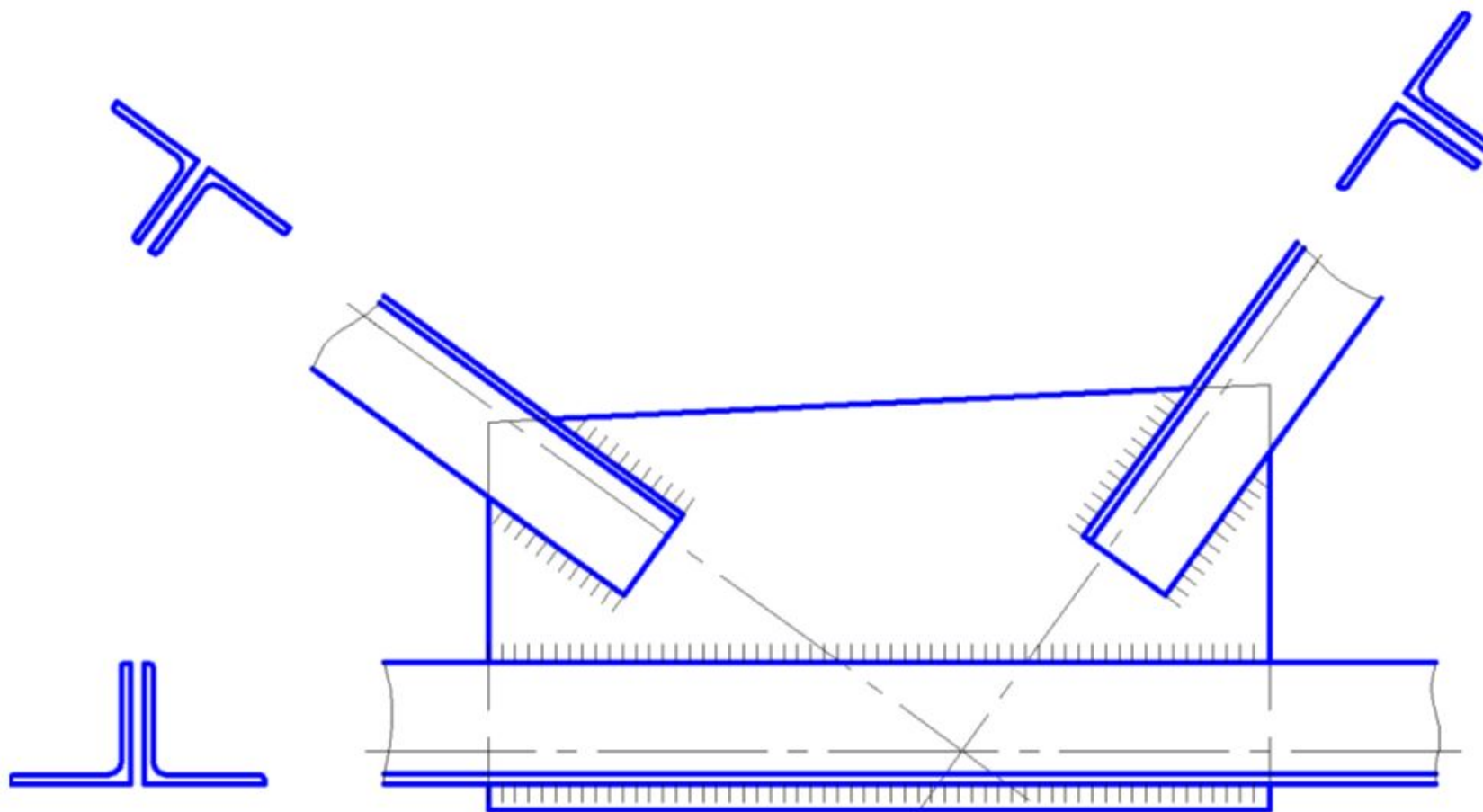


$l_{перо}^1, l_{обуш}^1, l_{перо}^2, l_{обуш}^2$ - длина сварного шва для
1-го и 2-го стержней по перу и
по обушку соответственно

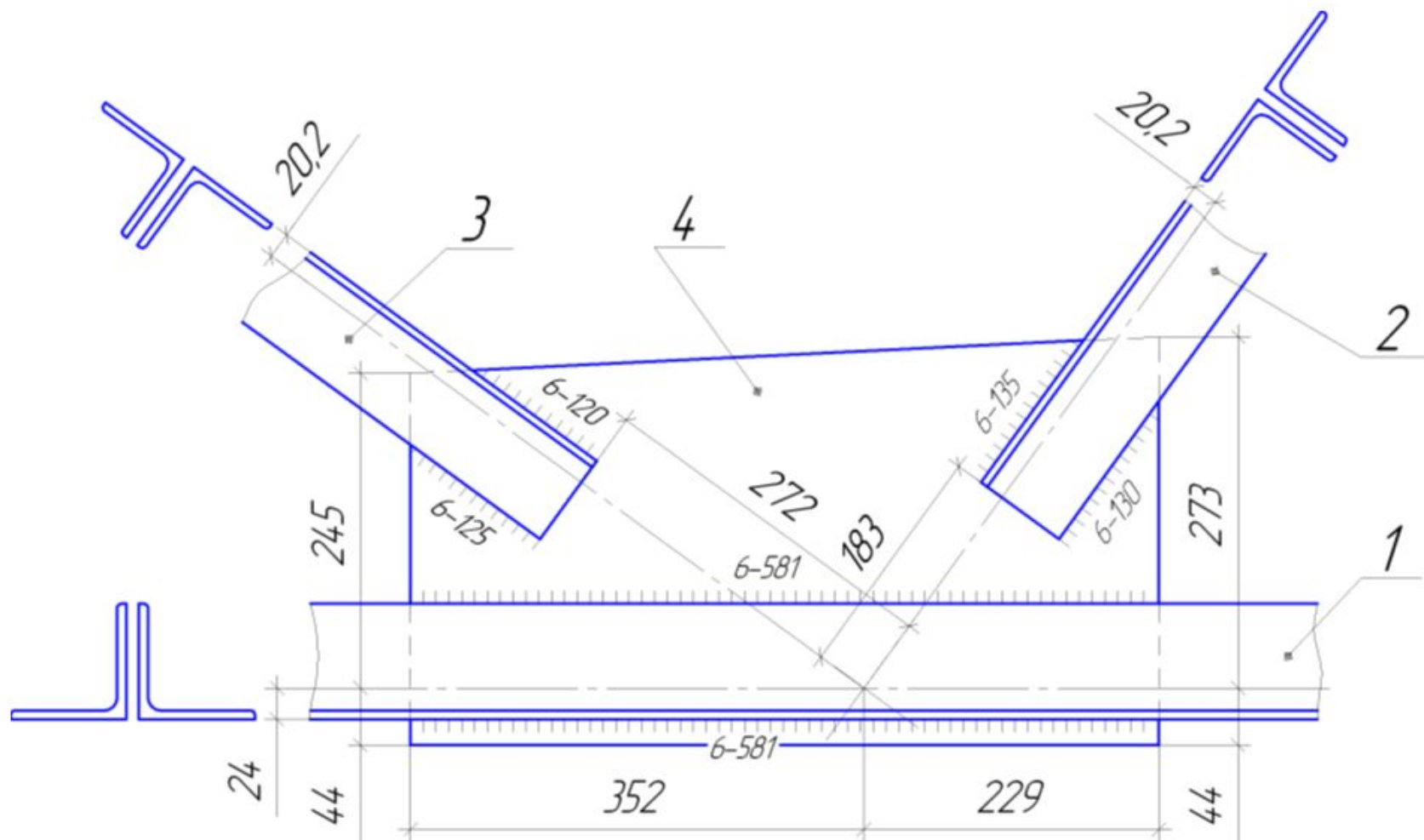
Шаг 5



Шаг 6



Шаг 7



Спецификация металлопроката

30	Наименование профиля ГОСТ, ТУ	Наименование или марка металла ГОСТ, ТУ	Номер или размеры профиля, мм	№ п.п.	Масса металла по элементам конструкций, т				Общая масса, т
					5	6	7	8	
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8									
	30	30	30	10	15	15	15	15	25

В спецификациях СМ и СМС следует указывать:

в графе «Наименование профиля, ГОСТ, ТУ» — наименование профиля в соответствии с примененными стандартами или техническими условиями;

в графе «Наименование или марка металла, ГОСТ, ТУ» — наименование или марку металла и обозначения стандартов или технических условий, в соответствии с которыми производится поставка;

в графе «Номер или размеры профиля, мм» — номер или размеры профиля в соответствии с условными обозначениями, приведенными в стандартах или технических условиях. Обозначение профилей записывают по возрастанию их номеров или размеров;

в графе «№ п.п.» — последовательные номера всех строк, в которых указана масса;

в графе «Масса металла по элементам конструкций, т» — массу по рабочим чертежам КМ, определяемую с точностью до одной десятой тонны;

в графе «Общая масса, т» — массу по рабочим чертежам КМ, определяемую с точностью до одной десятой тонны.

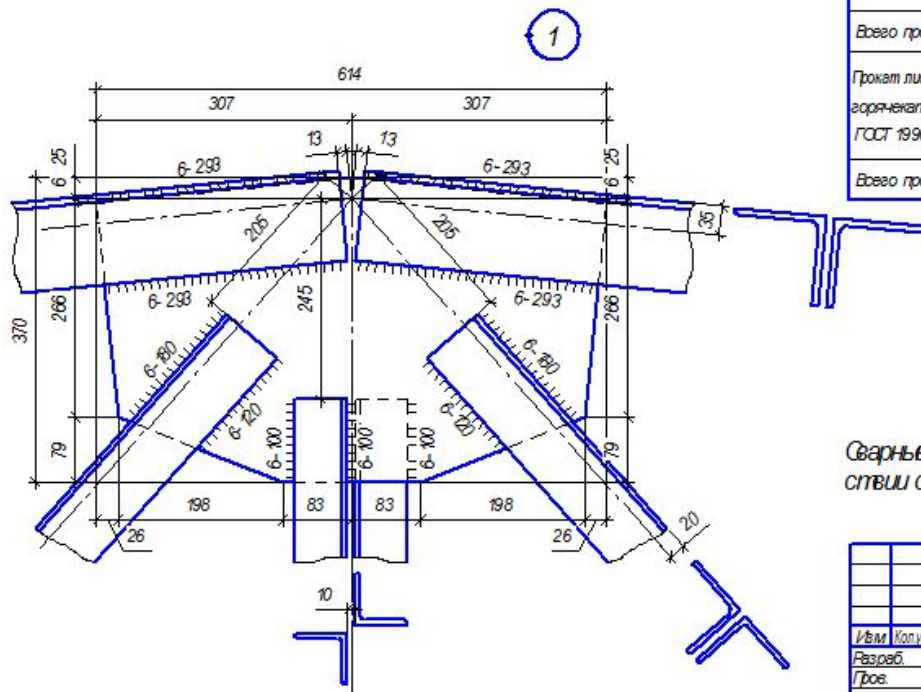
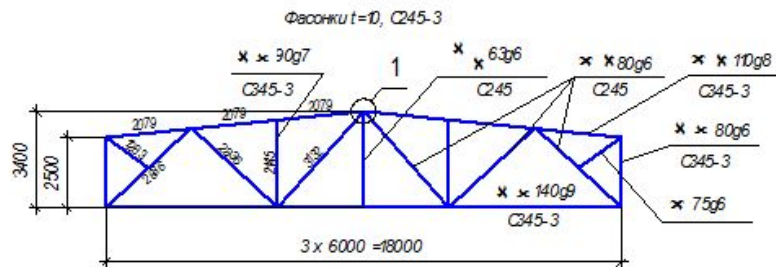
По каждому наименованию профиля приводят строку «Итого», а для каждой марки металла — «Всего».

В конце каждой СМ и СМС приводят строки: «Всего масса металла»; «В том числе по маркам или наименованиям».

Пример выполнения спецификации металлопроката

Наименование профиля ГОСТ, ТУ	Наименование или марка металла ГОСТ, ТУ	Номер или размеры профиля	№ п.п.	Масса металла по элементам конструкций, т				Общая масса, т
				5	6	7	8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок ГОСТ 26020–83	С245 ГОСТ 27772–88	І30Ш1	1	000				000
		І20К1	2	000				000
	Итого:		3	000				000
	С345-3 ГОСТ 27772–88	І40Б1	4	000				000
		І30К1	5	000				000
	Итого:		6	000				000
Всего профиля:			7					000
Уголки стальные горячекатаные равнополочные ГОСТ 8509–93	С245 ГОСТ 27772–88	Л100×7	8		000	000		000
		Л125×8	9			000		000
	Итого:		10		000	000		000
Всего профиля:			11	000	000	000		000
Швеллеры стальные горячекатаные ГОСТ 8240–97	С245 ГОСТ 27772–88	С22	12		000			000
		С30	13	000		000		000
		С40	14	000				000
	Итого:		15		000	000		000
Всего профиля:			16	000	000	000		000

Геометрическая схема фермы (1:100)



Спецификация металлопроката

Наименование профиля ГОСТ, ТУ	Наименование или марка металла ГОСТ, ТУ	Номер или размеры профиля, мм	№ п/п	Масса металла по элементам конструкции, т			Общая масса, т
Уголки стальные горячекатаные равнополочные ГОСТ 8509-93	C245 ГОСТ 27772-88	x 63 g 6	1				
		x 80 g 6	2				
		x 110 g 8	3				
			4				
		Итого:	5				
Всего профиля			6				
Прокат листовой горячекатаный ГОСТ 19903-74	C245-3 ГОСТ 27772-88	t10	7				
		Итого:	8				
Всего профиля			9				

Сварные швы выполнять ручной электродуговой сваркой в соответствии с ГОСТ 5264-80.

						Студия	Масса	Масштаб
Изм.	Копия	Лист	№док.	Годн.	Дата	у		15
Разреш.			Новосельцев СМ		01.11.11	Лист	Листов	1
Проект.								

Имя, Инициалы, Год, и дата

Вариант или №