

Металлические конструкции в современном строительстве

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ



ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

ipk.tsogu.ru

28 39 77

© Корсун Н.Д., 2017

© ТИУ, 2017

Тестовое задание

1. Что понимается под легкостью конструкционного материала?

- a) возможность перекрытия больших пролетов при незначительной строительной высоте
- b) отношение веса перевозимых конструкций к грузоподъемности транспортного средства
- c) отношение плотности материала к его расчетному сопротивлению

2. Какое из указанных свойств не является недостатком стальных конструкций?

- a) склонность к хрупкому разрушению
- b) низкая огнестойкость
- c) непроницаемость
- d) подверженность коррозии

3. Какие свойства стали повышает углерод?

- a) свариваемость
- b) прочность
- c) пластичность

4. Чему равен объемный вес стали?

- a) 25 кН/м^3
- b) $38,5 \text{ кН/м}^3$
- c) $78,5 \text{ кН/м}^3$

5. Какие химические элементы для стали не являются легирующими? (укажите один или несколько ответов)

- a) фосфор
- b) хром
- c) медь
- d) сера

- 6. Что является причиной пластического разрушения стали?**
- a) ударные нагрузки
 - b) большие упругие деформации в условиях затруднения сдвиговых деформаций
 - c) сдвиговые деформации, связанные с движением дислокаций
- 7. Какое относительное удлинение при разрыве имеют малоуглеродистые стали?**
- a) 22-30%
 - b) 2-3%
 - c) 10-15%
- 8. Как влияет на прочность стали равнозначное напряженное состояние?**
- a) Не влияет
 - b) Уменьшает
 - c) Увеличивает

- 9. Какие из указанных факторов способствуют переходу стали в хрупкое состояние? (укажите один или несколько ответов)**
- a) мелкозернистость
 - b) резкие изменения формы
 - c) динамические воздействия
 - d) низкая температура
- 10. Что называется усталостью металла?**
- a) разрушение от ударного воздействия
 - b) разрушение при совместном действии статической нагрузки и высокой температуры
 - c) разрушение при напряжениях меньших предела текучести под воздействием часто повторяющихся нагружений

Ответы на Тестовое задание

Вопрос	1	2	3	4	5
Ответ	c	c	b	c	a d

Вопрос	6	7	8	9	10
Ответ	c	a	c	b c d	c

1. КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ФОРМ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Плоские системы

- Балочные (балки, прогоны, фермы)
- Рамные
- Арочные
- Комбинированные

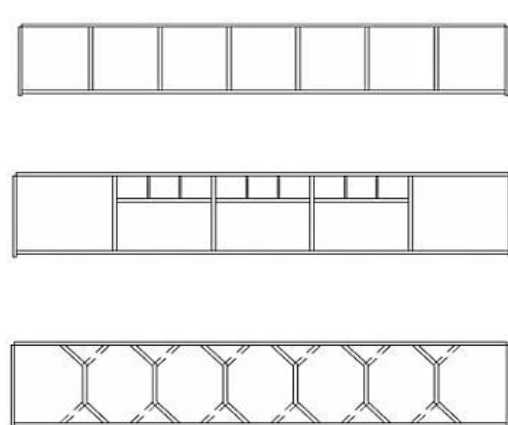
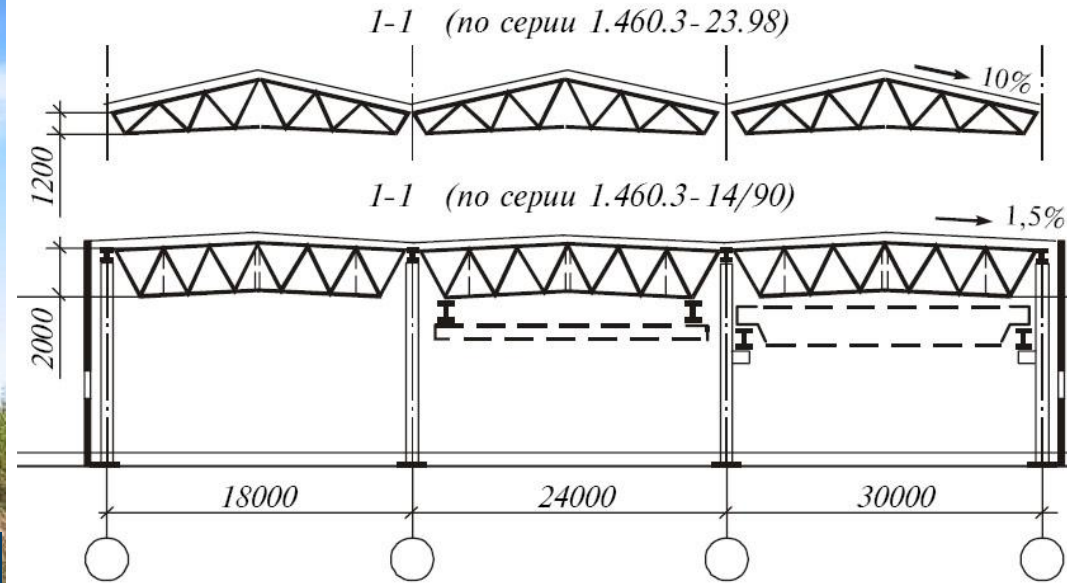
Пространственные системы

- Настилы
- Структурные плиты
- Оболочки, купола
- Висячие покрытия (вантовые, мембранные)
- Листовые (силосы, бункеры, резервуары)
- Высотные сооружения (башни, мачты)
- Каркасы зданий

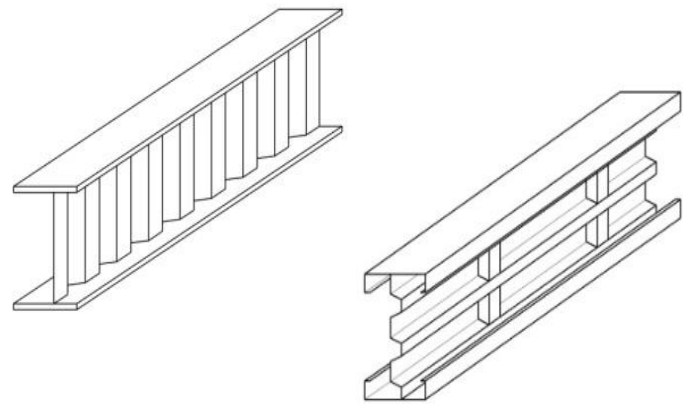
Балочные системы



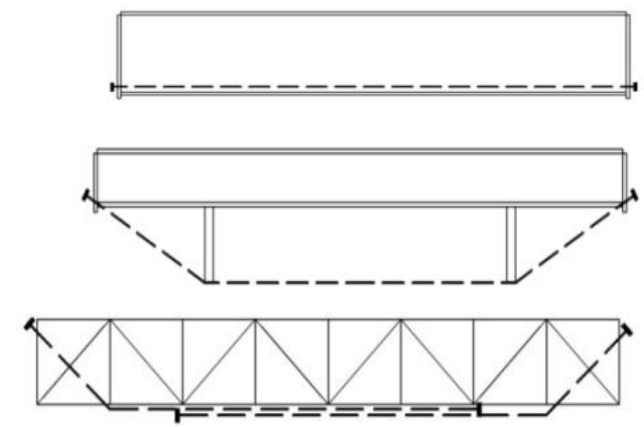
Фермы типа «Молодечно»



Составные балки



Балки с гофрированной стенкой



Преднапряженные балки и фермы

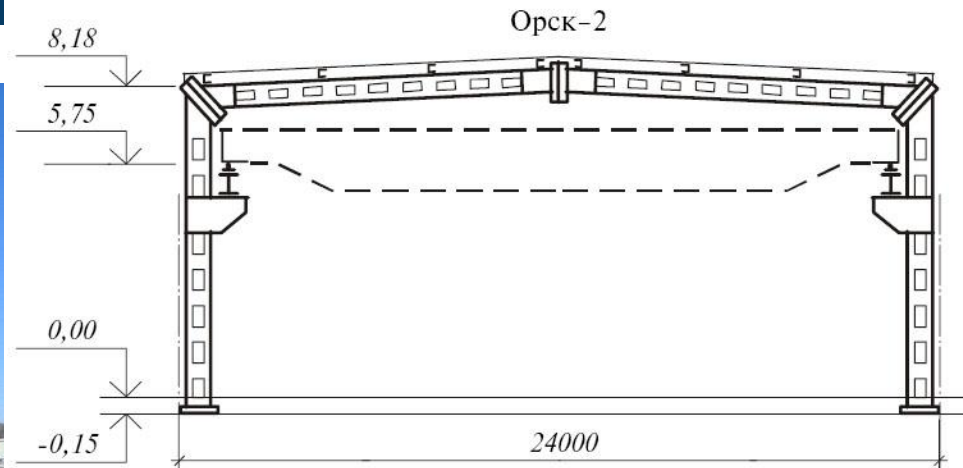
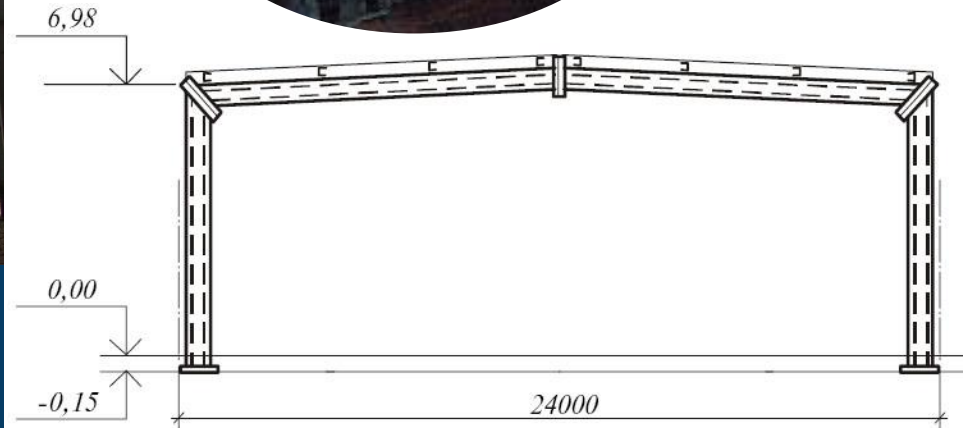
Рамные системы



Каркас здания с двухпролетными рамами из сварных двутавров



Каркас здания типа «УНИТЭК»



Рамы типа «Орск»

Арочные системы



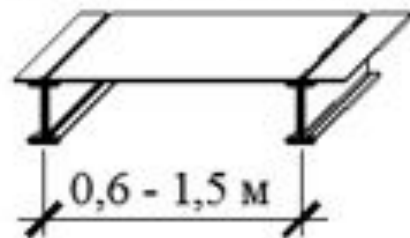
Арочное здание из
алюминиевых объемных
решетчатых арок



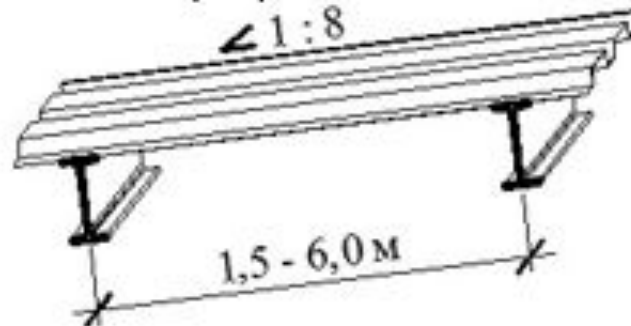
Здание из плоских решетчатых арок

Настилы

Плоский стальной



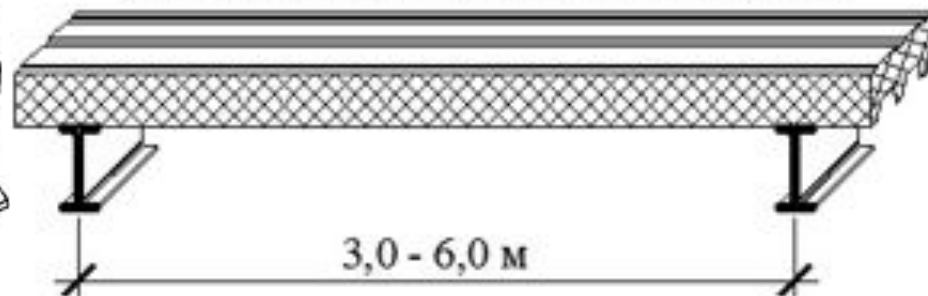
Профнастил



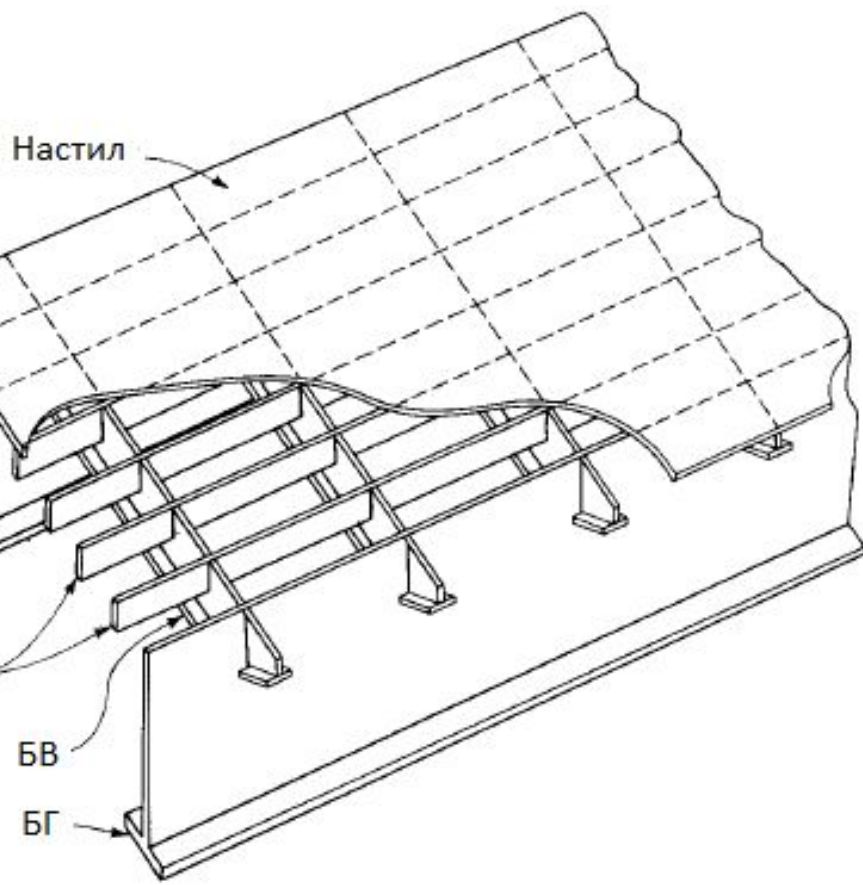
Двуслойная панель типа сэндвич



Трехслойная панель типа сэндвич



Настил



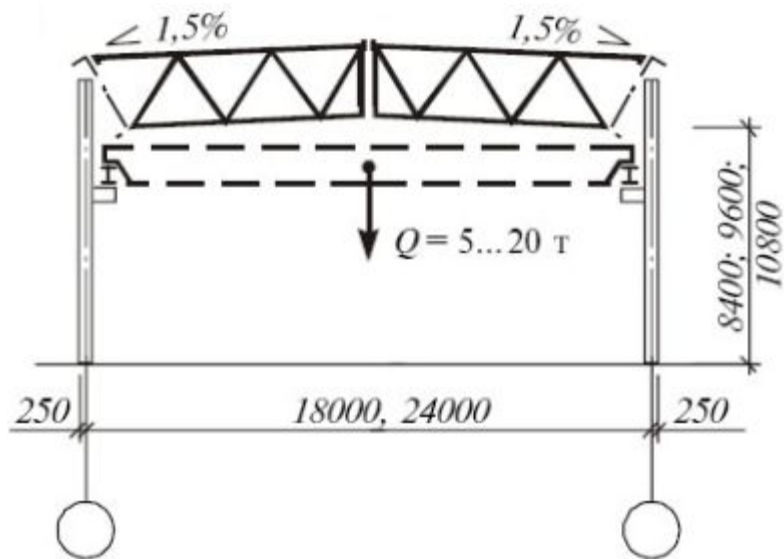
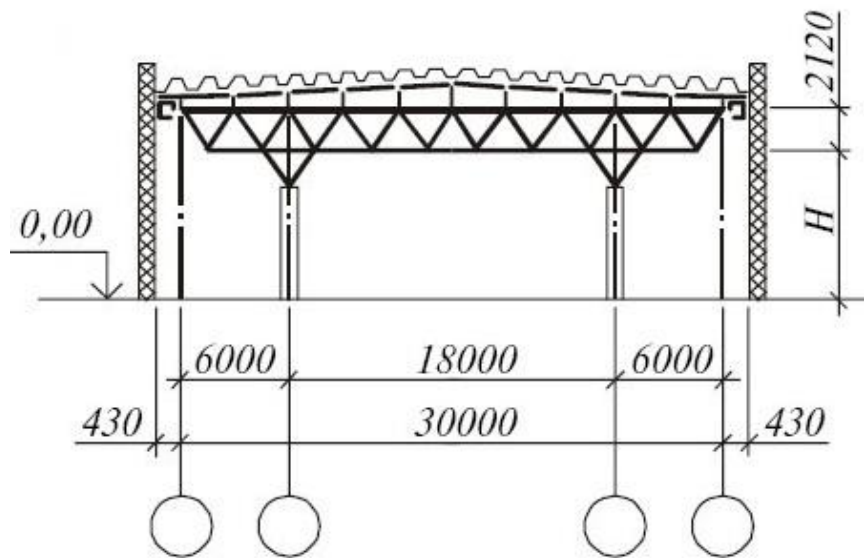
Структурные плиты



Каркас здания со структурной плитой

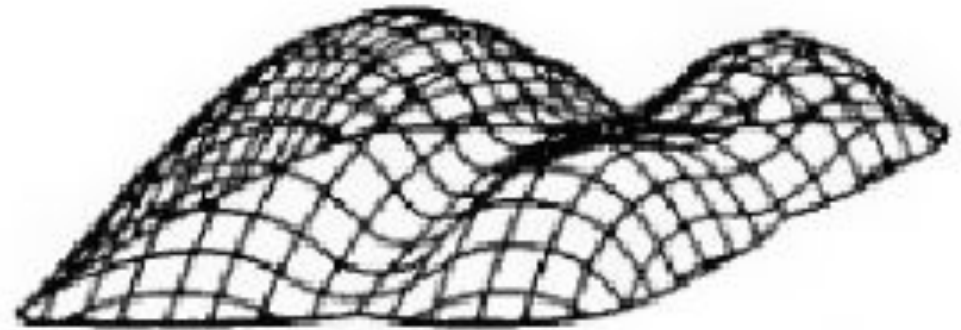
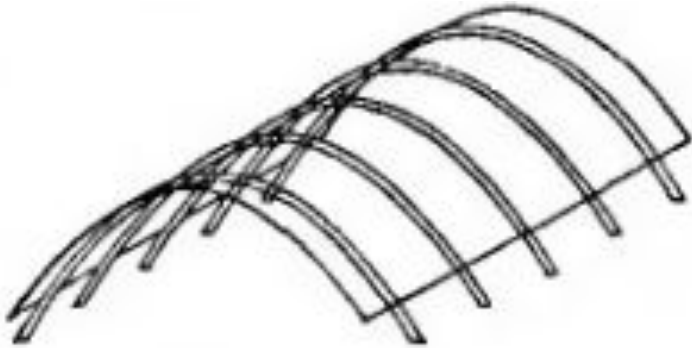


Каркас здания со структурным блоком «Москва»



Оболочки, купола

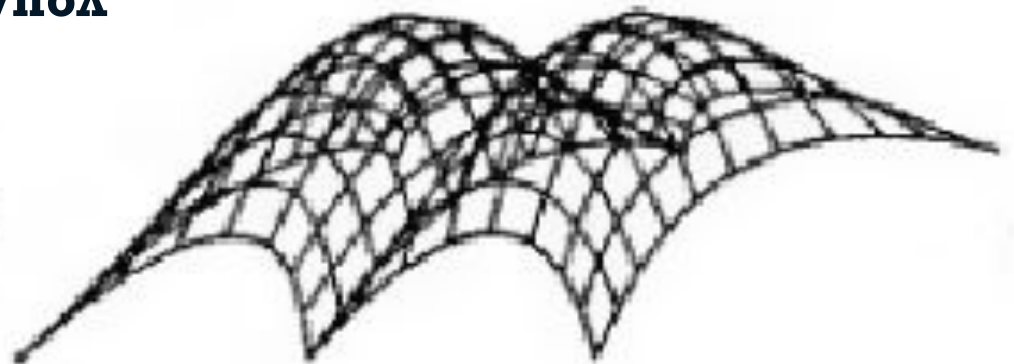
Цилиндрический свод



Купол



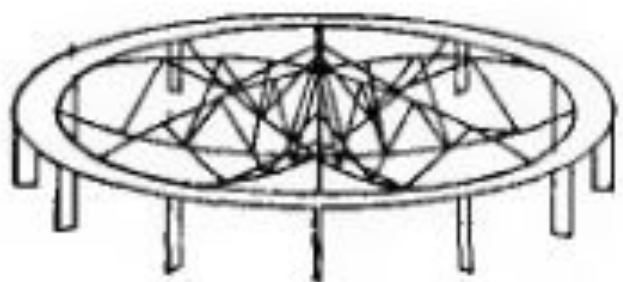
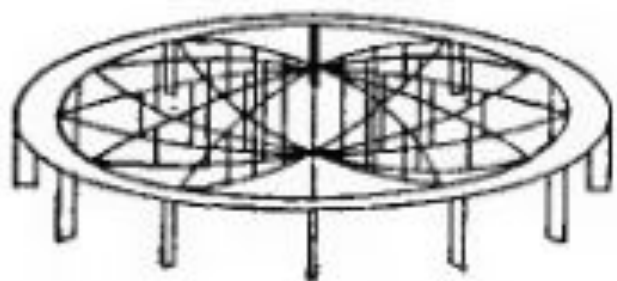
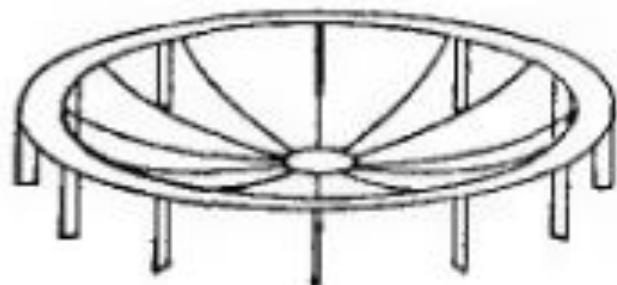
Свод на прямоугольном плане



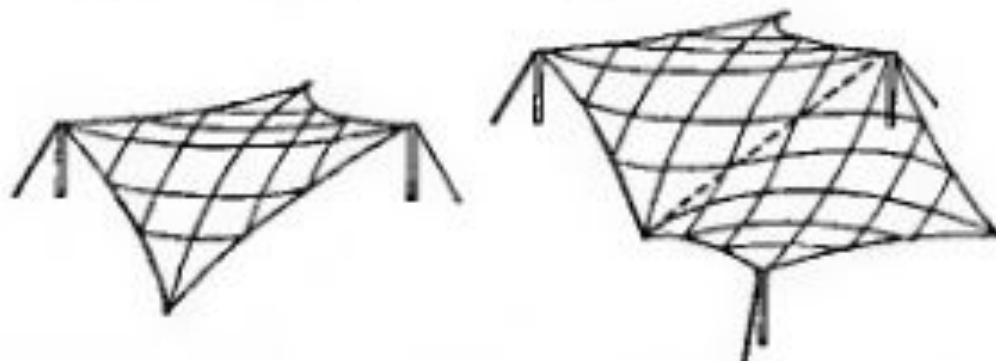
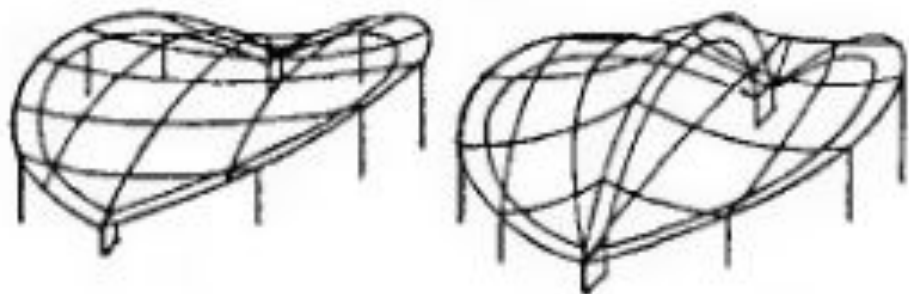
Оболочки сетчатые

Висячие покрытия

С опорными арками

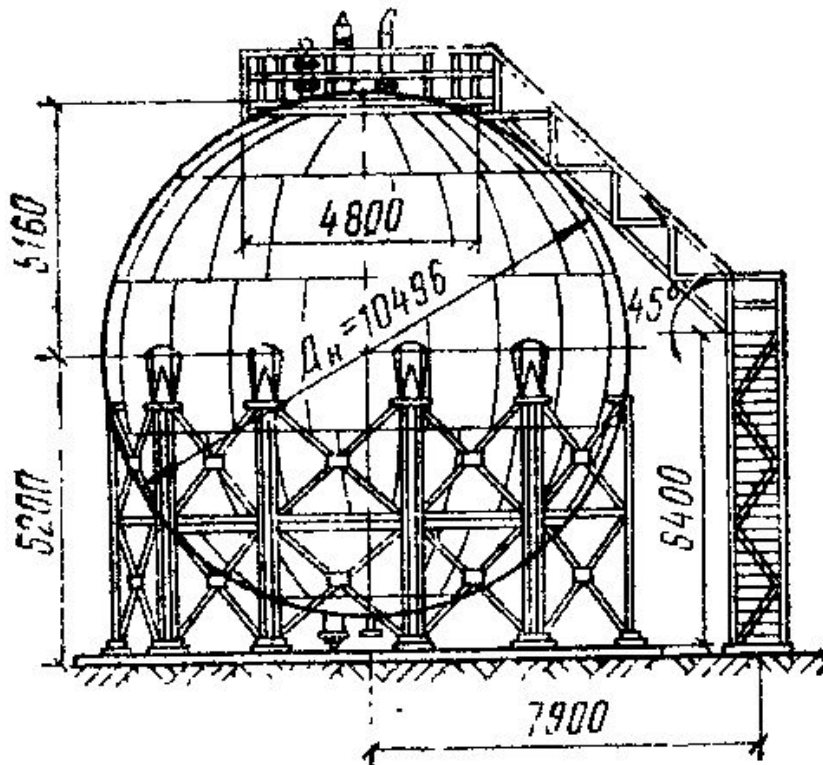


На круглом
плане

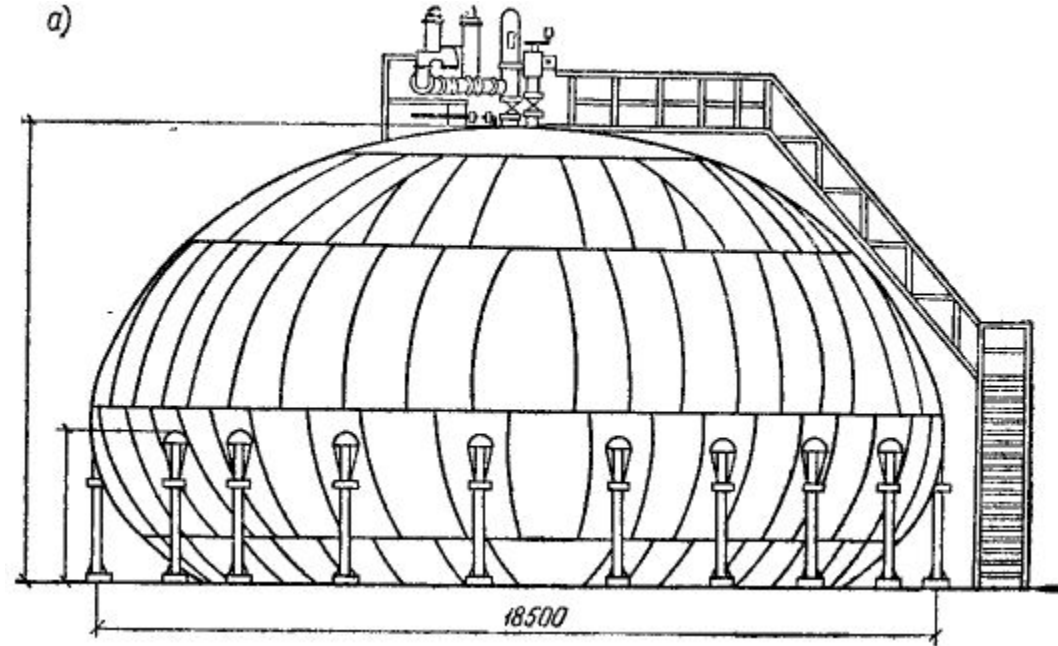


На прямоугольном плане

Листовые конструкции

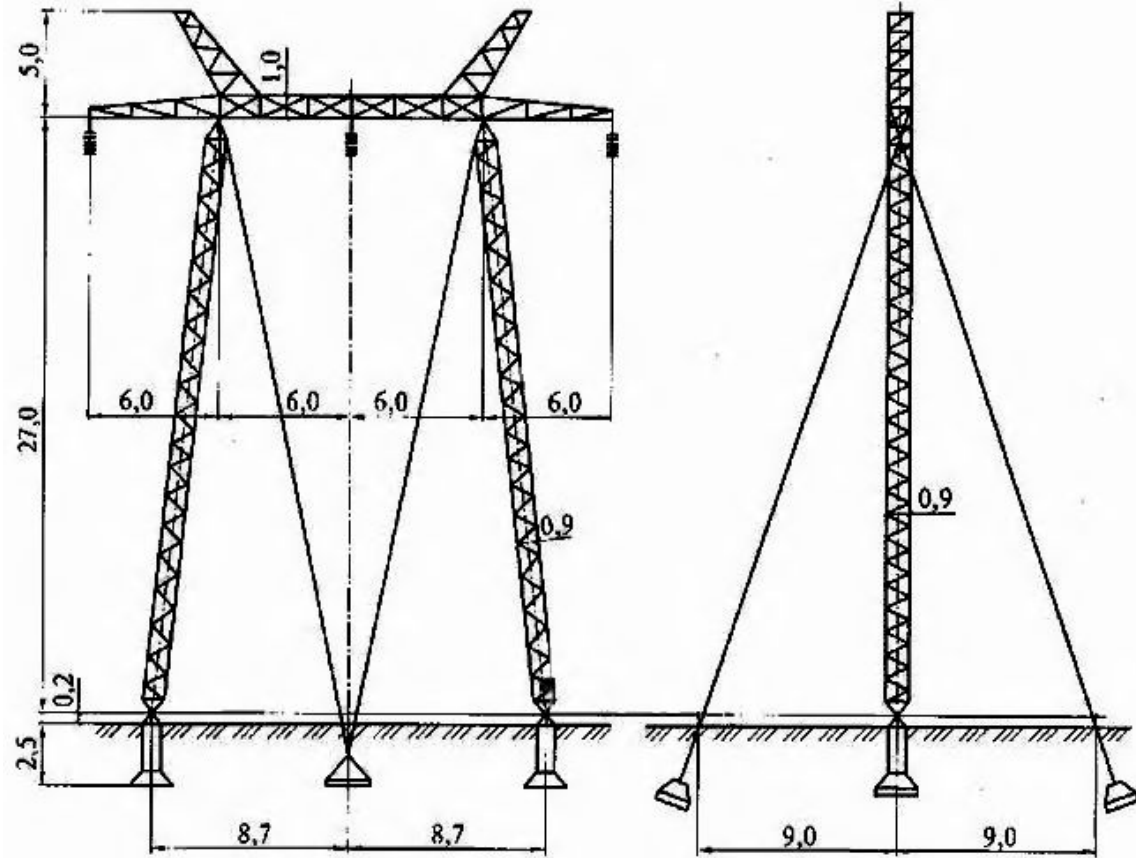
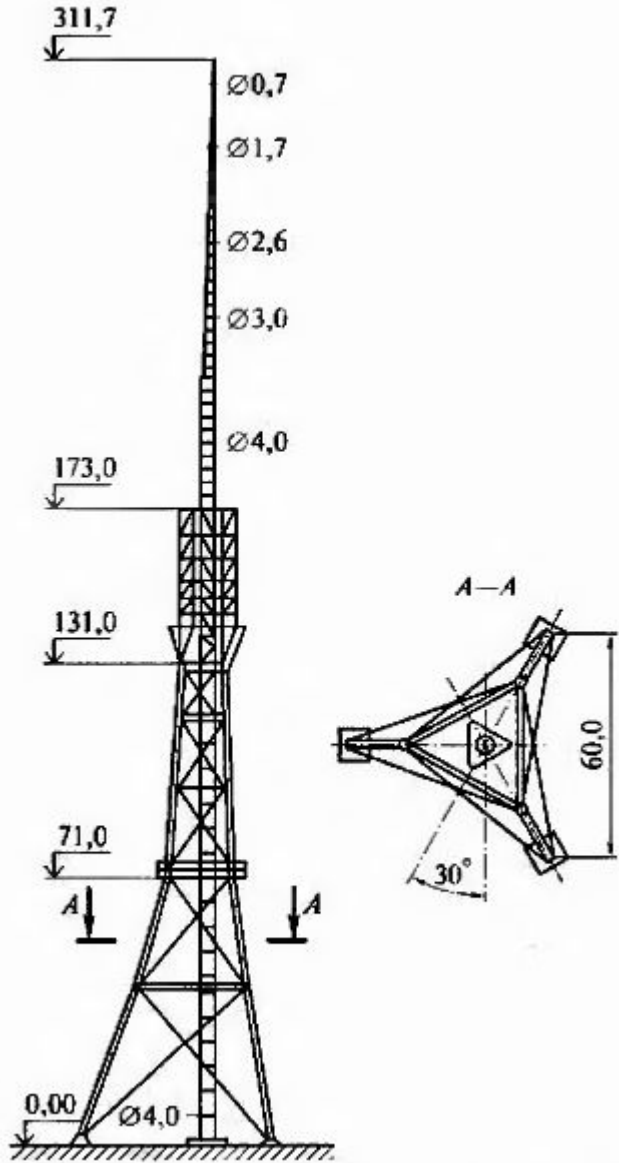


Газгольдер



Резервуар

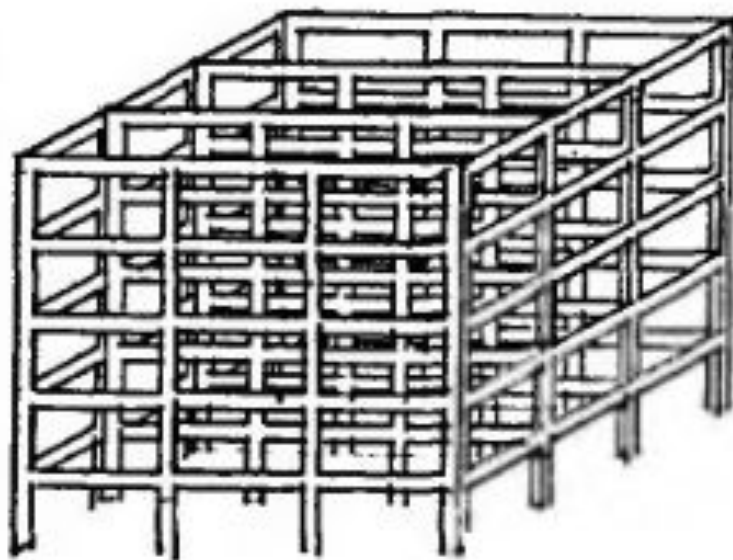
Высотные сооружения



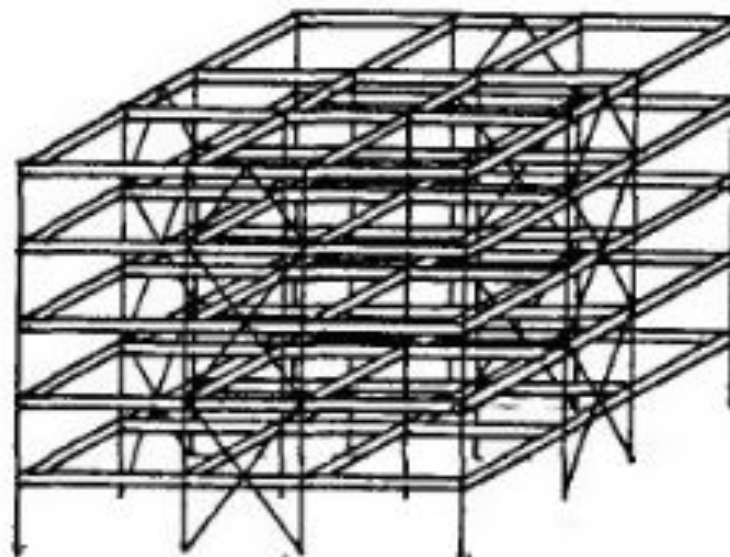
Телевизионная башня в

Опора ЛЭП

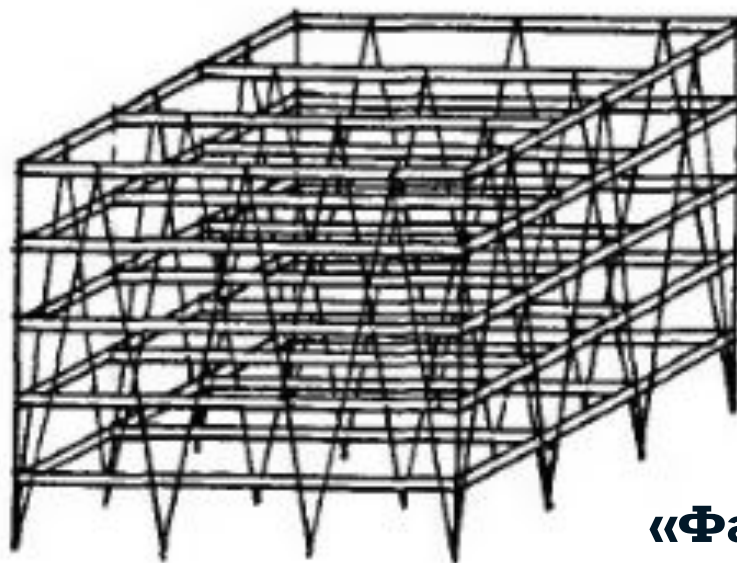
Каркасы зданий



Рамный



Связевый



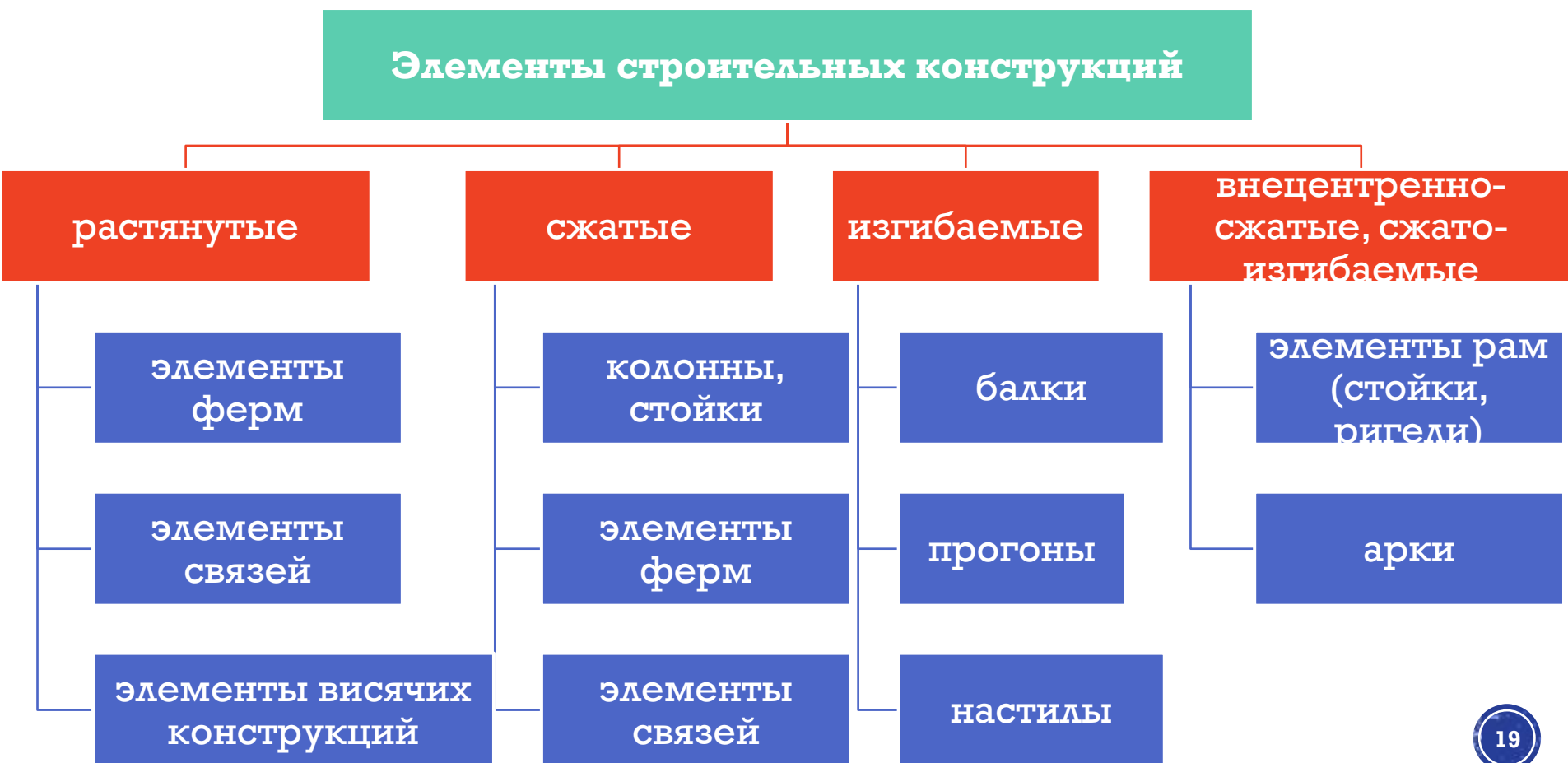
«Фахверковый»

2. ЭЛЕМЕНТЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

- **Строительная конструкция** – это часть здания или другого строительного сооружения, выполняющая определенные несущие, ограждающие и (или) эстетичес



- **Элемент** – это часть строительной конструкции, изготавливаемая отдельно.
- По характеру работы элементы подразделяют на *растянутые, сжатые, изгибаемые, внецентренно-сжатые и сжато-изгибаемые.*



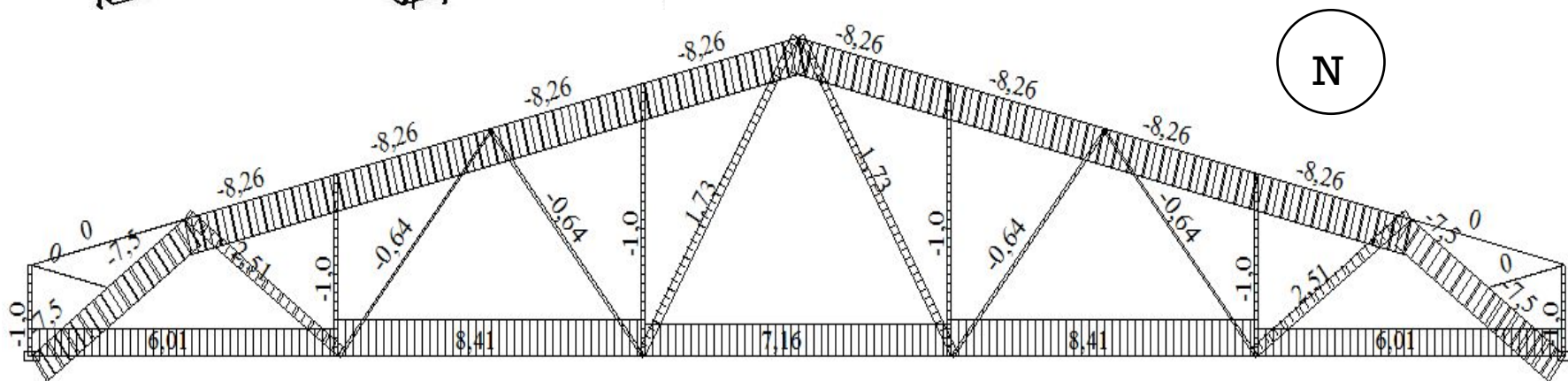
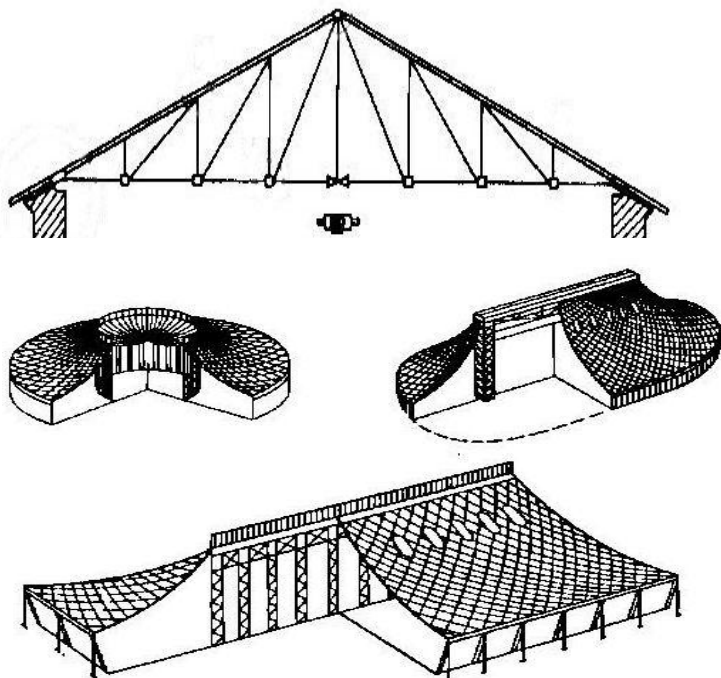
3. РАСТЯНУТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- условие прочности

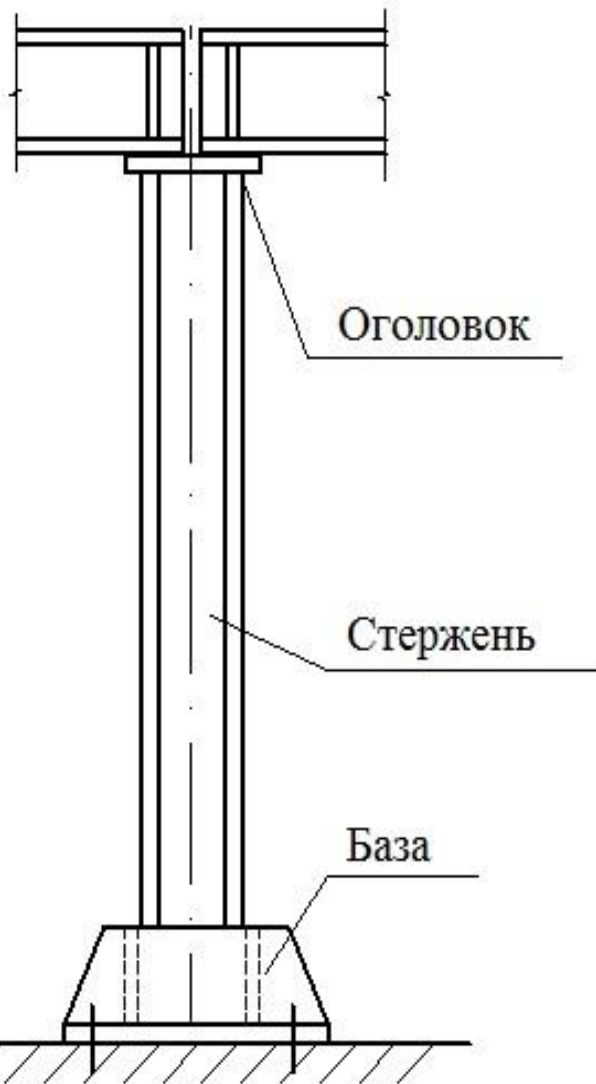
$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1$$

- условие по предельной гибкости

$$\lambda \leq \lambda_u = 400(250)$$



4. ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



- условие прочности

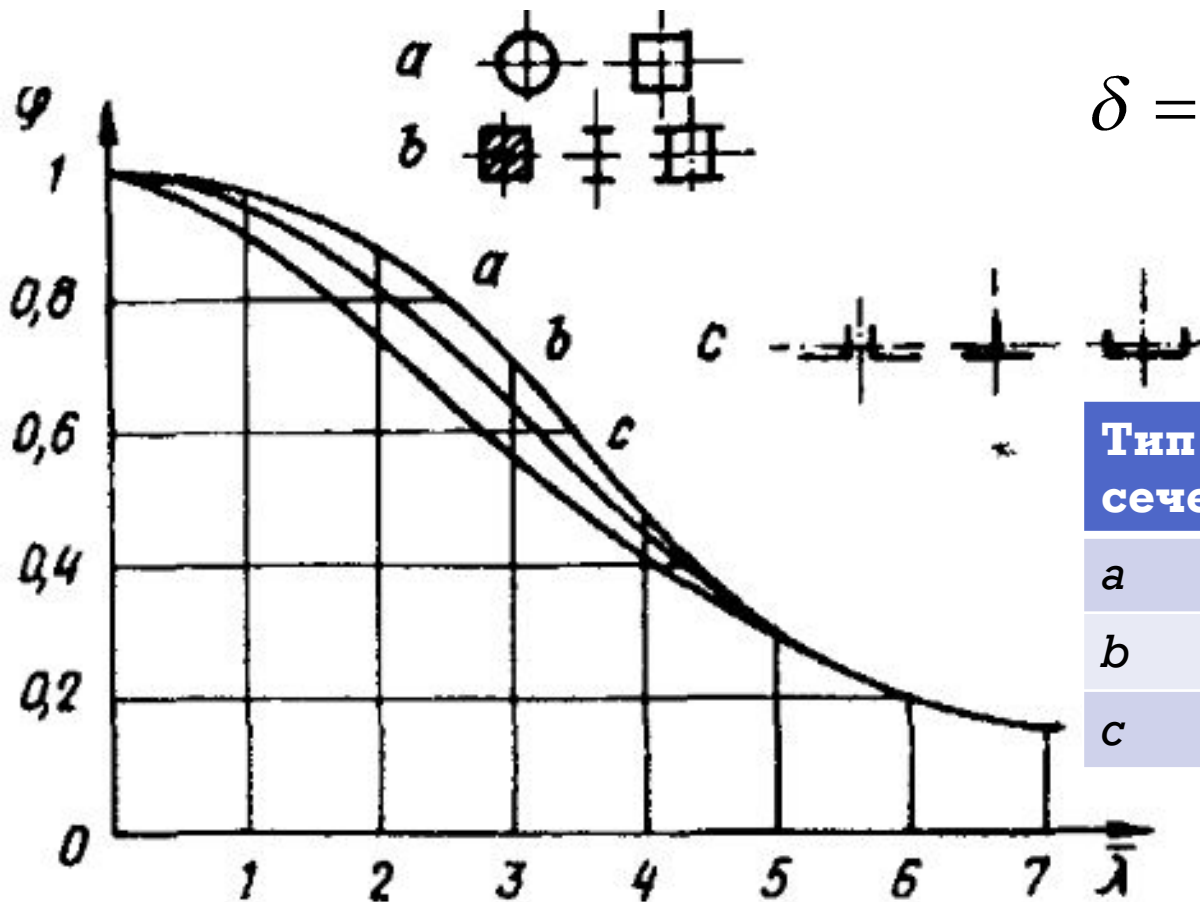
$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1$$

- условие устойчивости (общей)

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1$$

▪ Коэффициент устойчивости при центральном сжатии

$$\varphi = 0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48\bar{\lambda}^2}) / \bar{\lambda}^2$$



$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta\bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2$$

Тип сечения	α	β
a	0,03	0,06
b	0,04	0,09
c	0,04	0,14

• Условная гибкость стержня –

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E}$$

• Гибкость стержня –

$$\lambda = l_{ef} / i \quad \lambda \leq \lambda_u$$

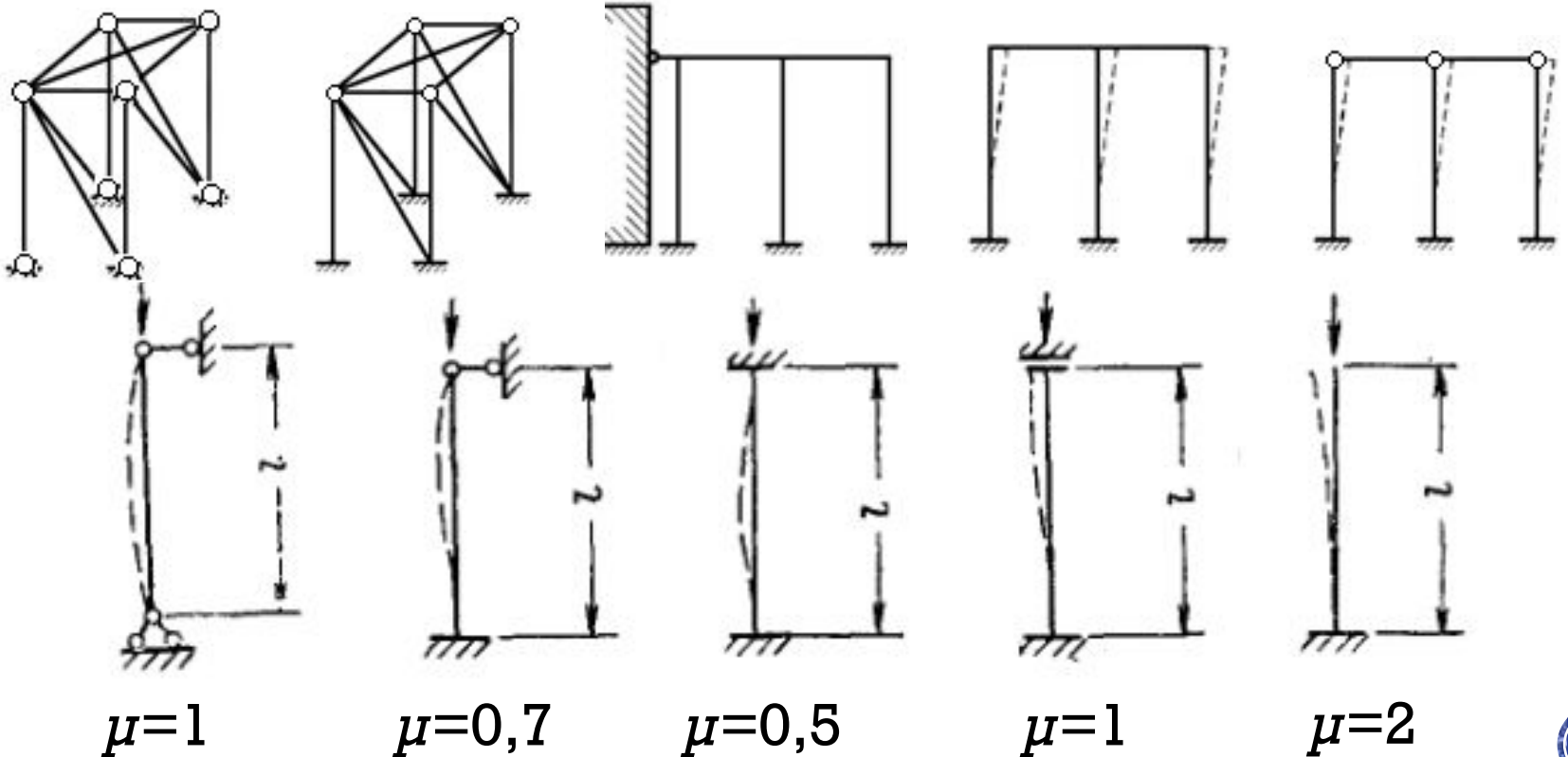
• Расчетная длина стержня –

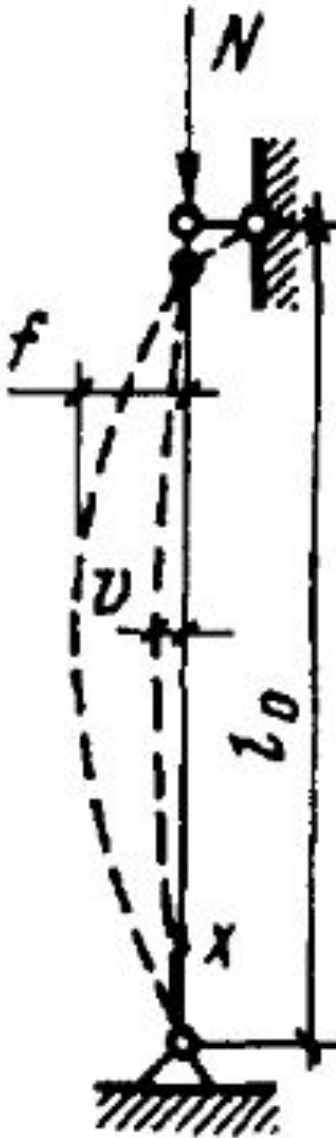
$$l_{ef} = \mu l, \quad i = \sqrt{I / A}$$

• Предельная гибкость стержня колонны –

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \geq 0,5$$

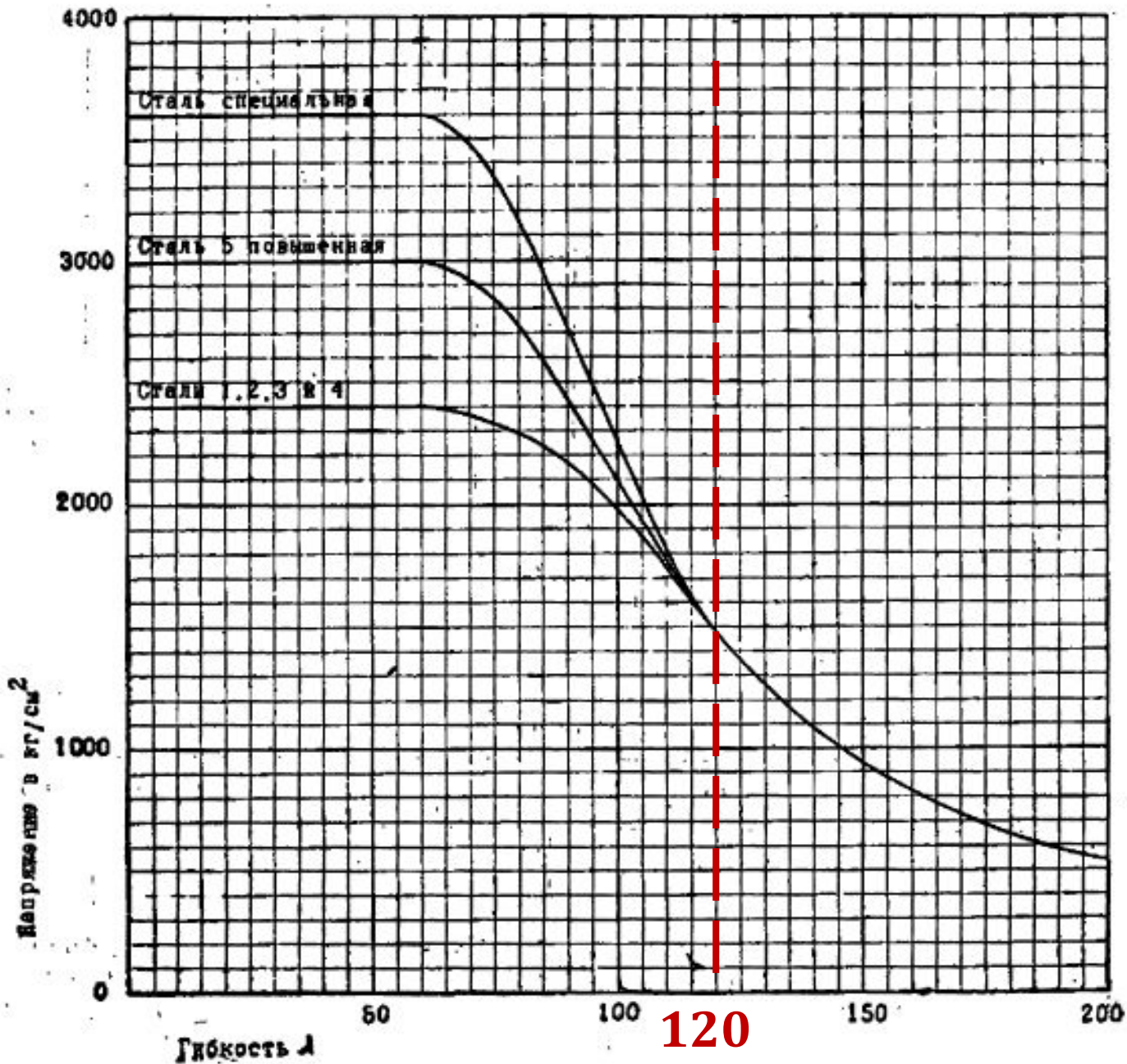




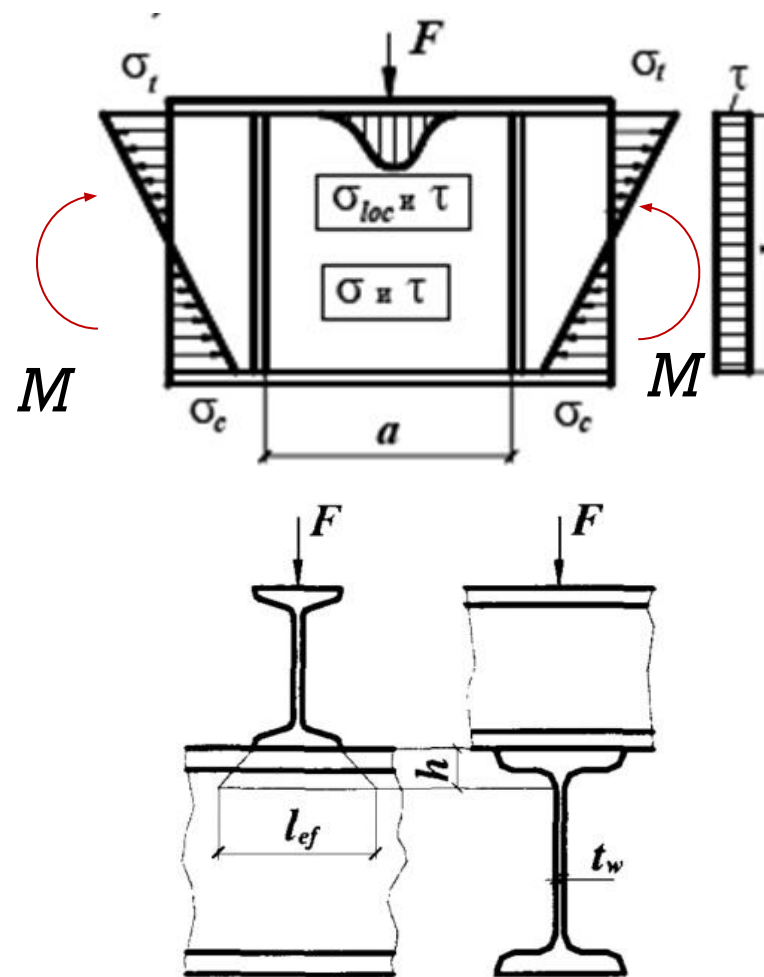
- **Потеря устойчивости** связана с **боковым выпучиванием** центрально-сжатого стержня при его нагружении критической силой.
- При расчете стержня учитывается начальный **погиб** (искривление) v – он отражает состояние стержня до нагружения.
- Приобретенный продольный изгиб стержня характеризуется **прогибом** f .
- При вычислении ϕ учитываются **начальные несовершенства**:

$$e_b = \frac{i}{20} + \frac{l}{750}$$

ГРАФИК КРИТИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ИЗГИБЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СТАЛЕЙ



5. ИЗГИБАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



■ условия прочности

$$\frac{M}{W_{n, \min} R_y \gamma_c} \leq 1$$

- при действии
момента

$$\frac{QS}{I_{tw} R_s \gamma_c} \leq 1$$

- при действии
поперечной силы

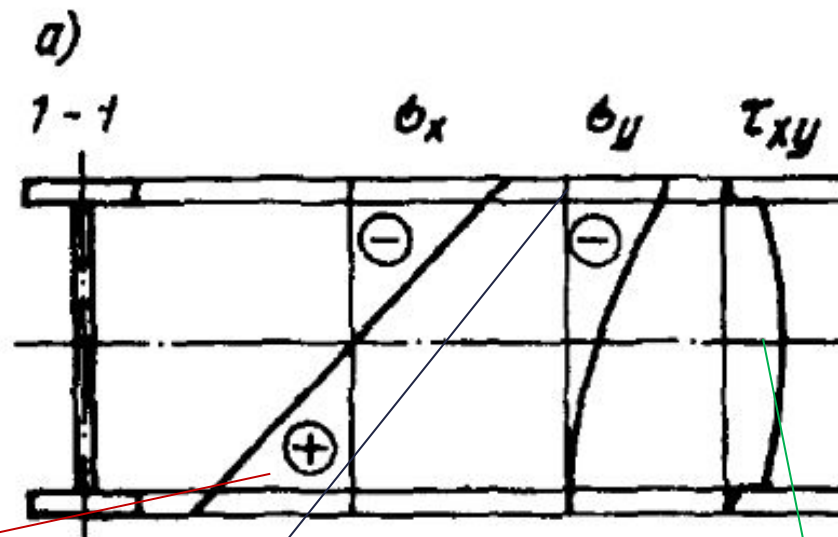
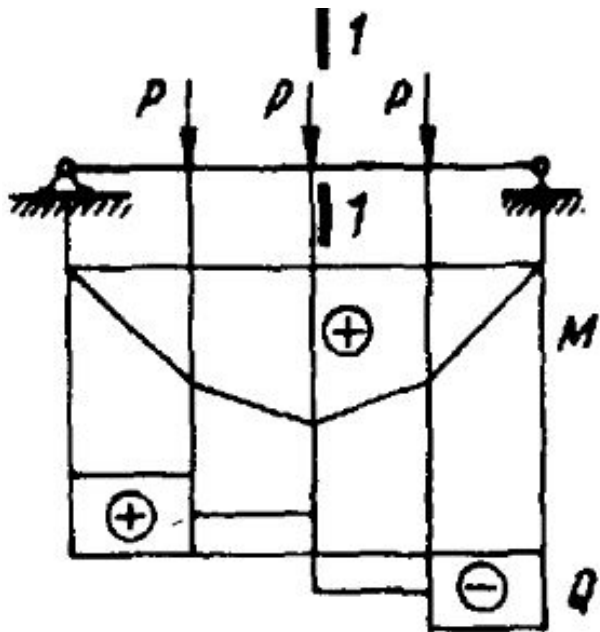
$$\frac{\sigma_{loc}}{R_y \gamma_c} \leq 1$$

- при действии
местных

напряжений

$$\sigma_{loc} = F / (l_{ef} t_w) \quad l_{ef} = b + 2h$$

Виды напряжений



нормальные напряжения σ_x (по оси x) - от общей работы элемента в его плоскости

касательные напряжения τ_{xy} (равны в направлениях осей x и y) - от общей работы элемента в его плоскости

нормальные напряжения σ_y в (по оси y) - от работы элемента на локальную нагрузку или нагрузку в другой плоскости

- условие прочности при совместном действии нормальных и касательных напряжений

$$\frac{0,87}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1$$

где

$$\sigma_x = M_x \cdot y / I_{xn}$$

$$\sigma_y = \sigma_{loc}$$

$$\tau_{xy} = QS / (It_w)$$

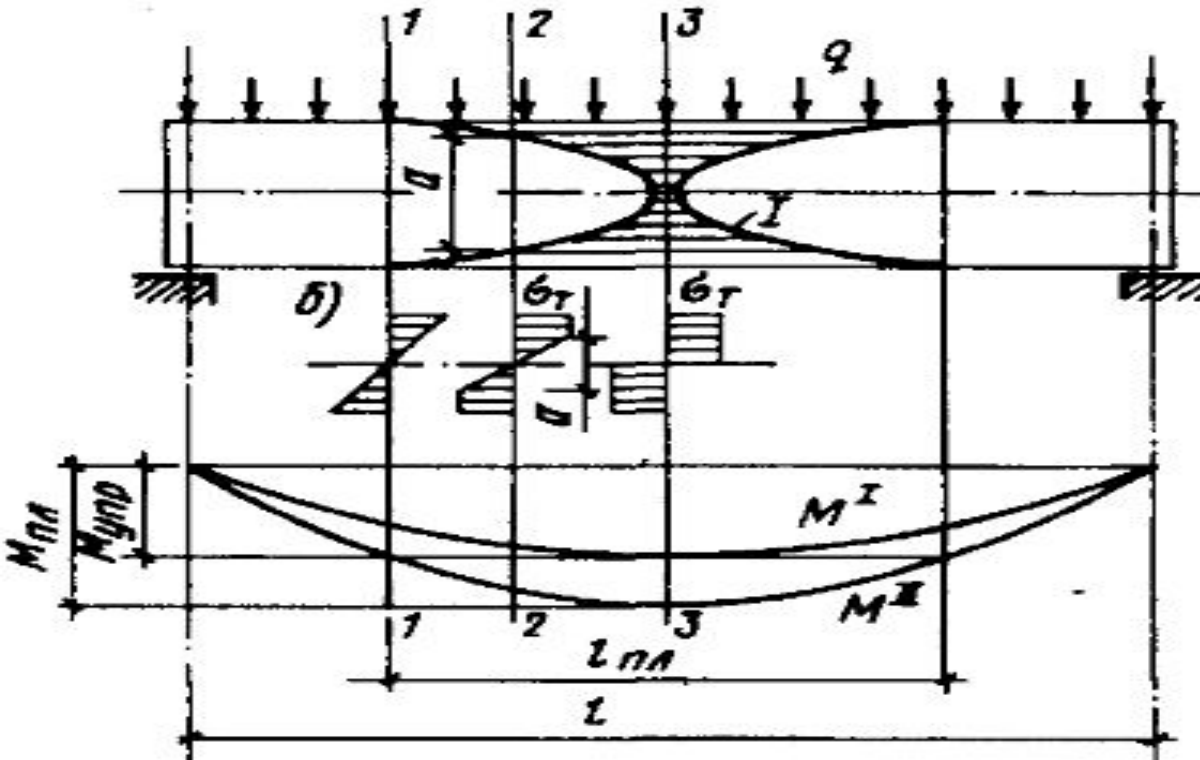
- условия прочности изгибаемого элемента с учетом развития пластических деформаций (сечения элементов 2-го класса)

- при действии **момента**

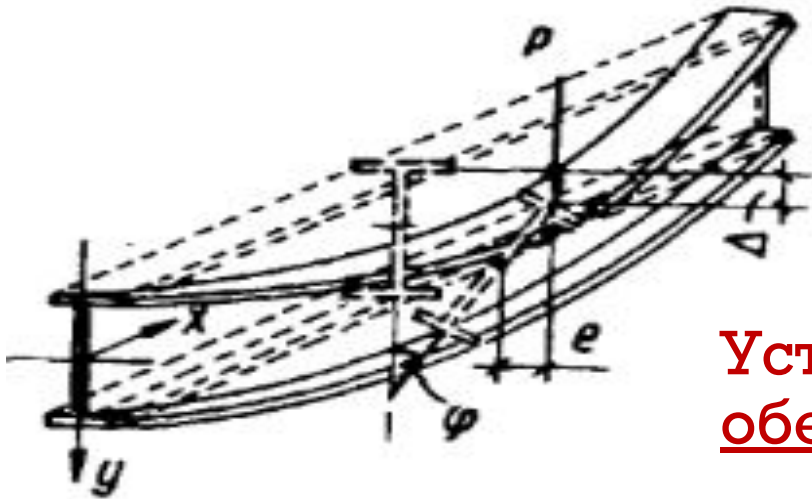
$$\frac{M_x}{c_x \beta W_{xл, \min} R_y \gamma_c} \leq 1$$

- при действии **поперечной силы**

$$\frac{Q_x}{A_w R_s \gamma_c} \leq 1$$



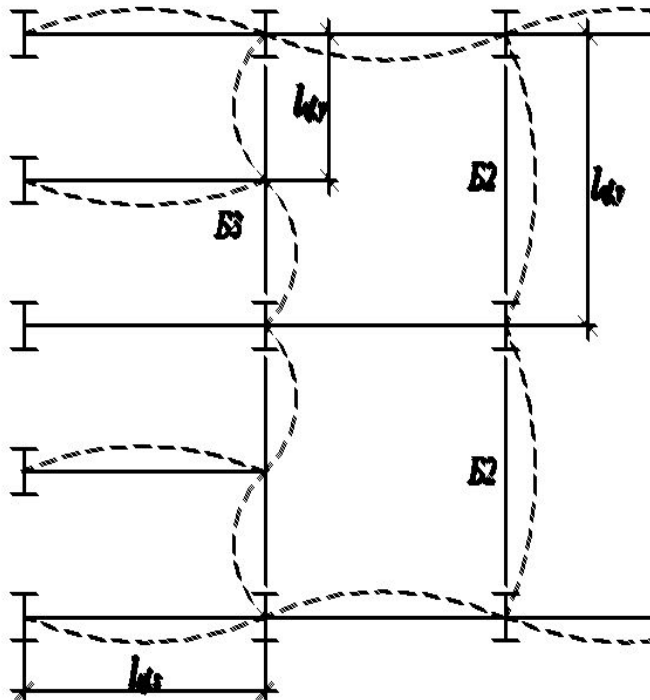
- условие устойчивости (общей) изгибаемого



$$\frac{M_x}{\varphi_b W_{cx} R_y \gamma_c} \leq 1$$

Устойчивость балок следует считать обеспеченной в следующих случаях:

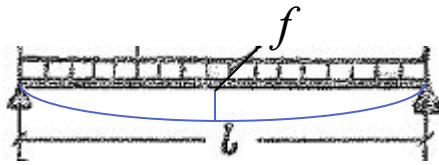
- при передаче нагрузки через сплошной жесткий настил
- при значениях **условной гибкости сжатого пояса** балки не превышающих ее предельных значений



$$\bar{\lambda}_b = (l_\phi / b) \sqrt{R_y / E} \leq \bar{\lambda}_{ub}$$

- условие жесткости (по предельно допустимому прогибу)

$$f_{\max} \leq f_u$$



$$f_{\max} = \frac{5}{384} \frac{q_n l^4}{EI}$$



$$f_{M_{\max}} = f_0 - a = \frac{5q_n l^4}{384EI} - 0,2$$

$$1,0 \leq l_n \leq 3,0 \text{ м} \quad - \quad f_u = \frac{l}{150}$$

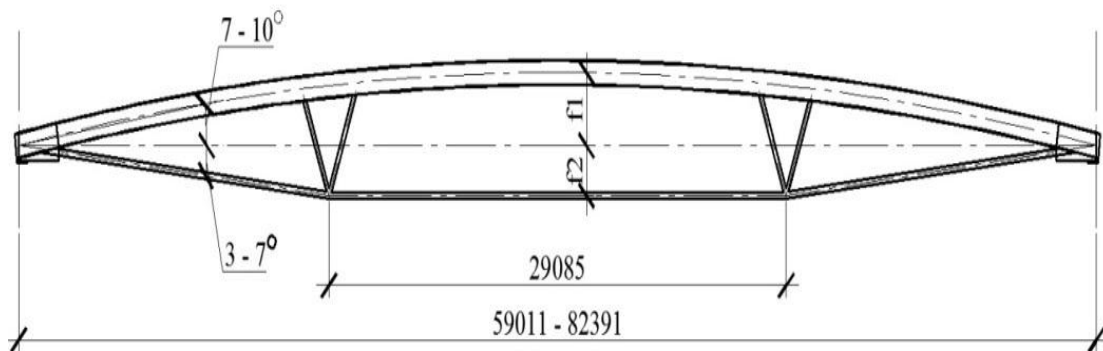
$$3,0 \leq l_n \leq 6,0 \text{ м} \quad - \quad f_u = \frac{l}{200}$$

$$6,0 \leq l_n \leq 24,0 \quad - \quad f_u = \frac{l}{250}$$

предельные
прогибы по
СП

20.13330.2011

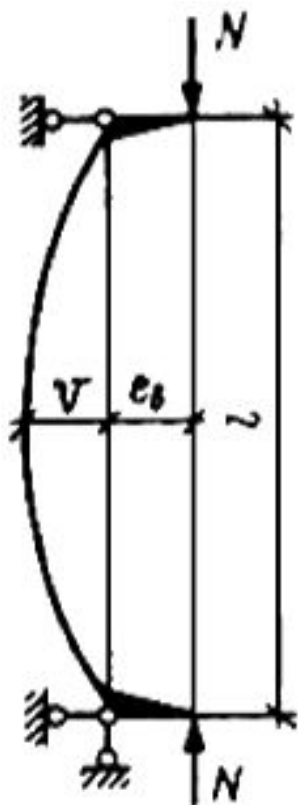
6. ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



$$e_{\max} = M_{\max} / N$$

$$m = eA / W_c$$

$$m_{ef} = \eta m$$



**Внецентренное
сжатие**

$$m (m_{ef}) < 20$$

**расчет
прочности и
устойчивости**

Сжатие с изгибом

$$m (m_{ef}) \geq 20$$

**расчет
прочности**

- расчет прочности

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x W_{xn, \min} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_{yn, \min} R_y \gamma_c} + \frac{B}{W_{\omega n, \min} R_y \gamma_c} \leq 1$$

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M}{W_x R_y \gamma_c} \leq 1$$

- расчет устойчивости (общей)

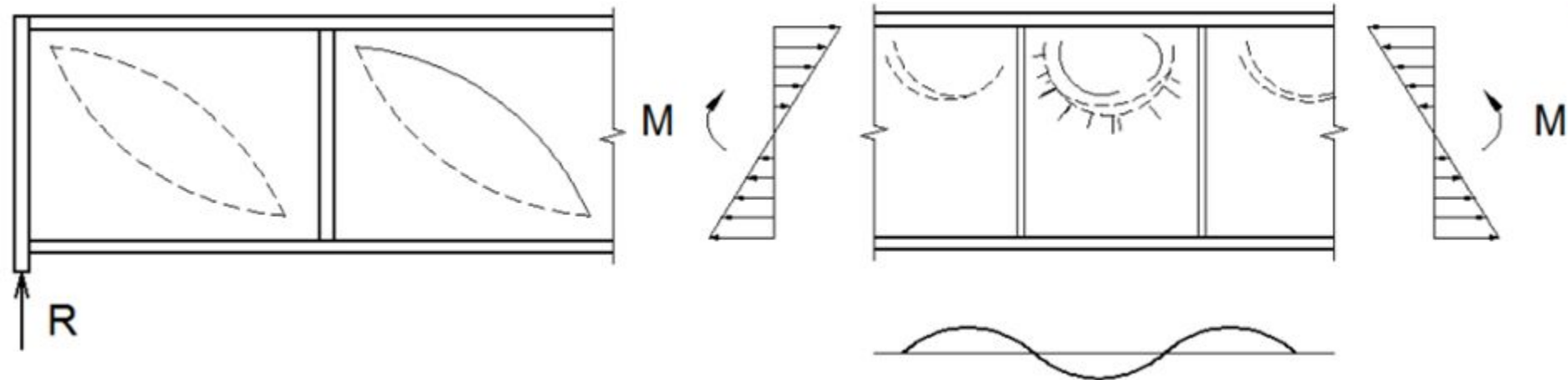
$$\frac{N}{(\varphi_e A)} \leq R_y \gamma_c$$

- условие по предельной гибкости

$$\lambda \leq \lambda_u$$

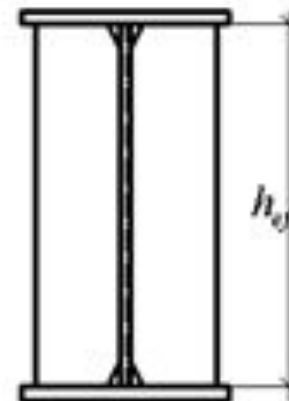
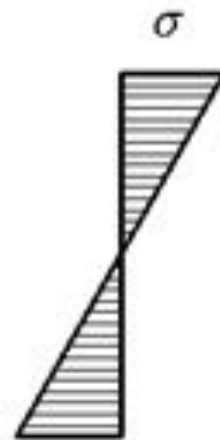
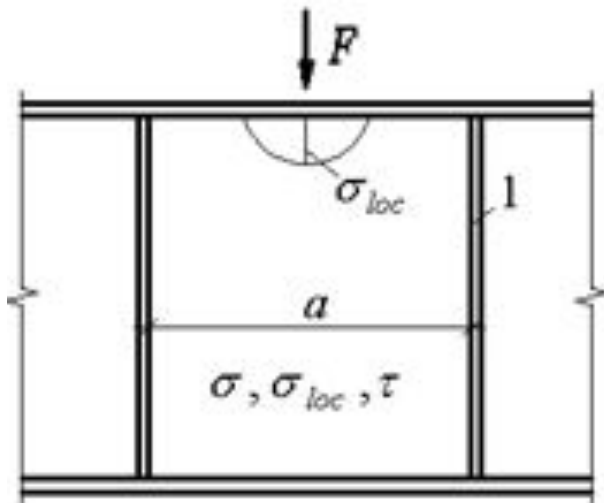
7. МЕСТНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СОСТАВНЫХ СЕЧЕНИЙ

Местная устойчивость стенки балки

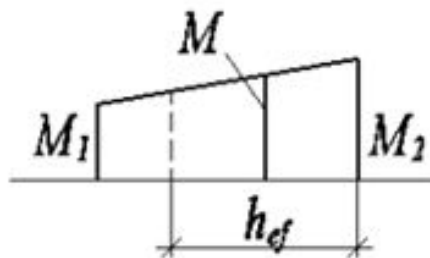
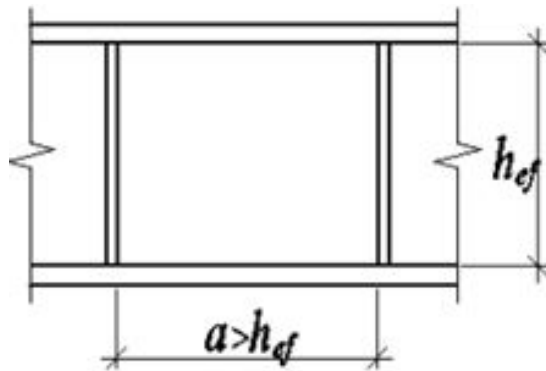
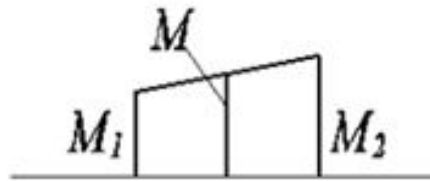
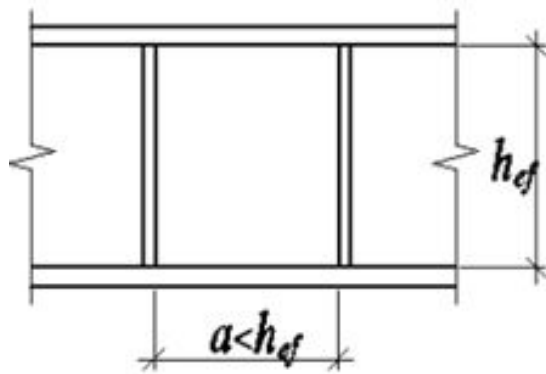


▪ *Условная гибкость стенки*

$$\bar{\lambda}_w = (h_{ef} / t_w) \sqrt{R_y / E} \leq 6 \sqrt{R_y / \sigma}$$



■ **Условие местной устойчивости
стенки балки**



$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_{loc}}{\sigma_{loc,cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} / \gamma_c \leq 1$$

где $\sigma = \frac{M}{I} y$

$$\sigma_{cr} = \frac{c_{cr} R_y}{\bar{\lambda}_w^2}$$

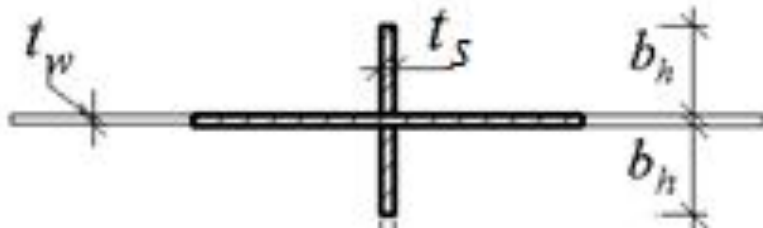
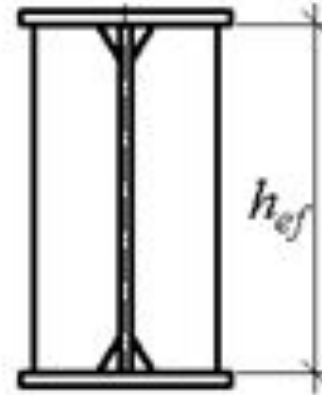
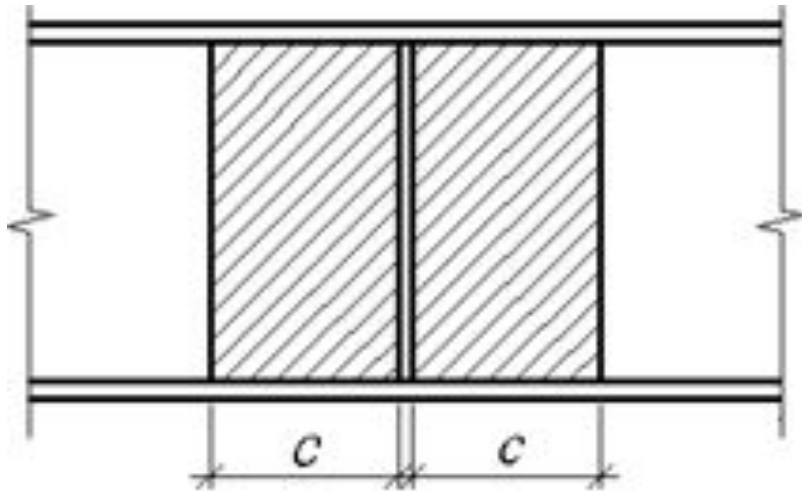
$$\tau = \frac{Q}{t_w h_w}$$

$$\tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2}\right) \frac{R_s}{\bar{\lambda}_d^2}$$

$$\sigma_{loc} = \frac{F_{loc}}{l_{ef} t_f}$$

$$\sigma_{loc,cr} = c_1 c_2 R_y / \bar{\lambda}_w^{-2}$$

Размеры поперечных основных ребер жесткости



$$b_h \geq h_{ef} / 30 + 40$$

$$t_s \geq 2b_h \sqrt{\frac{R_y}{E}}$$

$$c = 0,65t_w \sqrt{E / R_y}$$

Местная устойчивость поясного свеса

■ гибкость свеса полки

$$\lambda_f = \frac{b_{ef}}{t_f} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 12,8 \div 14,6$$

где
$$b_{ef} = \frac{b_f - t_w}{2}$$

