

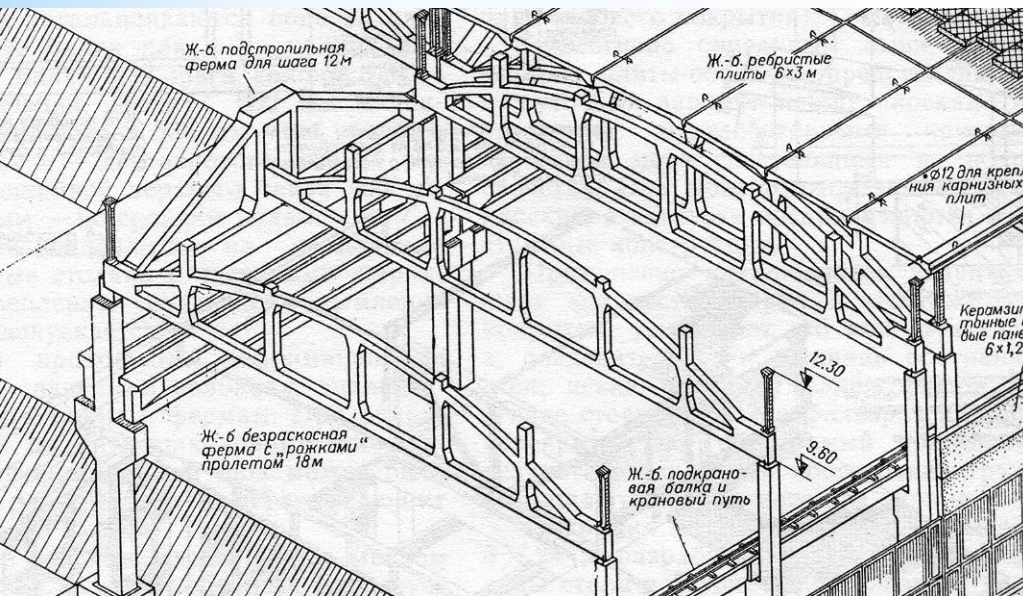
**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Стропильные фермы

* Применяют в качестве ригелей ОПЗ при пролетах 18, 24 и 30 м. При пролетах 30, 36 и более применяют стальные фермы и ж.б. арки.

Классификация ферм

По функциональному назначению

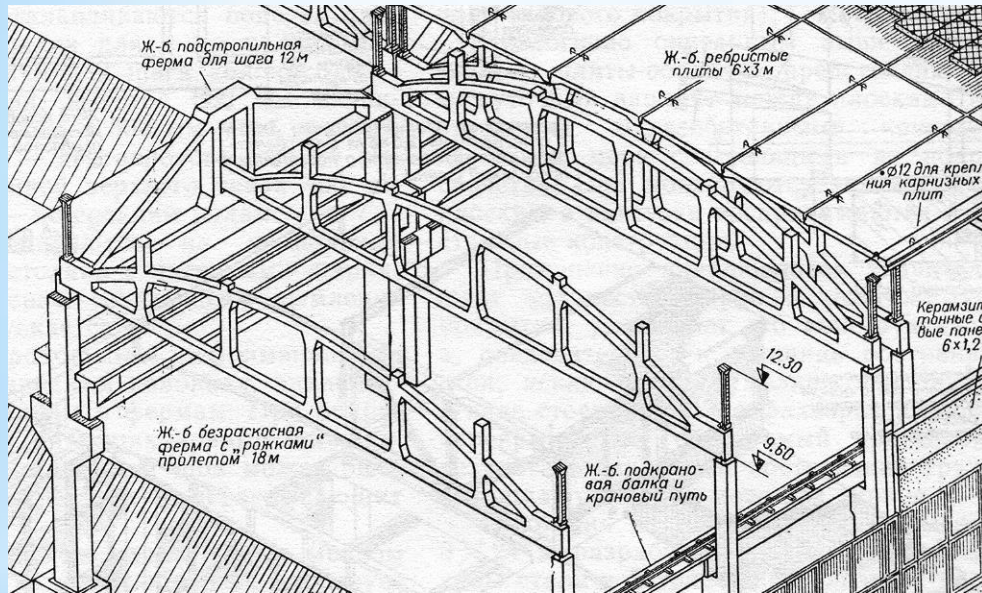


- 1 **Стропильные** (опора для плит покрытия);
- 2 **Подстропильные** (в случае, когда длина плит покрытия меньше, чем шаг колонн) - для опирания стропильных конструкций.

Стропильные фермы

Классификация ферм

По способу опирания

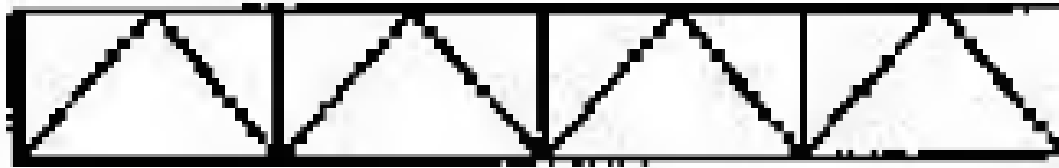


- 1 С опиранием на колонны в уровне **нижнего пояса** ферм;
- 2 С опиранием на колонны в уровне **верхнего пояса** ферм.

Стропильные фермы

Классификация ферм

По очертанию поясов и решетки

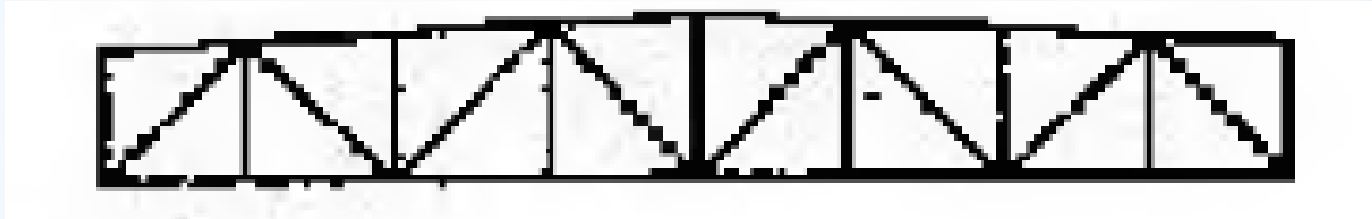


1 Фермы с параллельными поясами. Применяют для устройства плоских кровель, с возможностью механизированной укладки кровли. Недостаток - большой расход бетона.

Стропильные фермы

Классификация ферм

По очертанию поясов и решетки

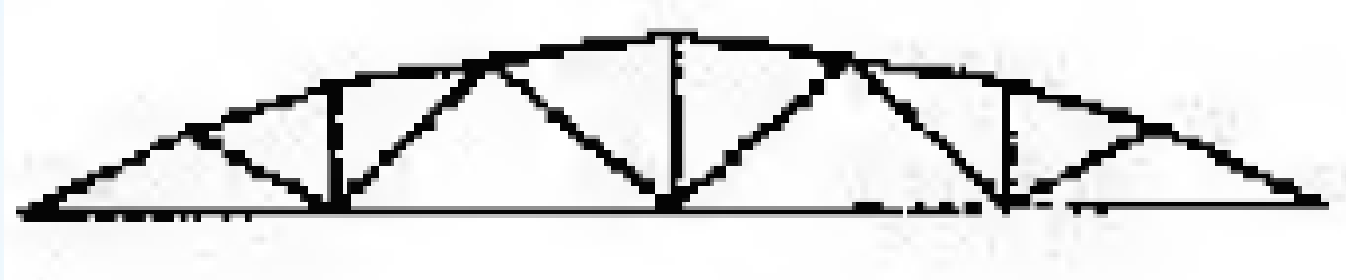


2 Трапециевидные полигональные. Модернизация ферм с параллельными поясами. У верхнего пояса небольшой уклон ($\leq 5\%$). Кровля получается малоуклонная.

Стропильные фермы

Классификация ферм

По очертанию поясов и решетки

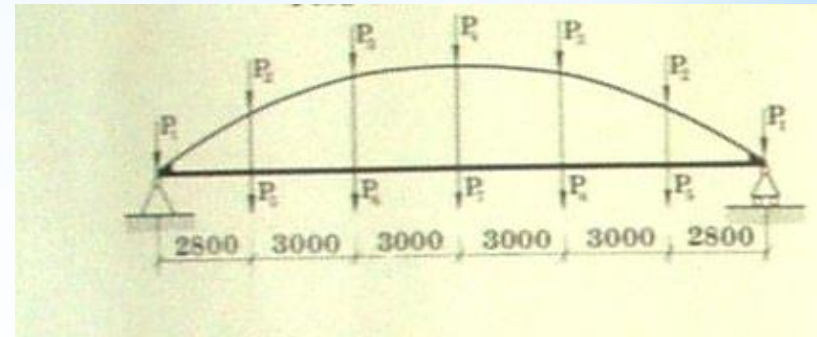
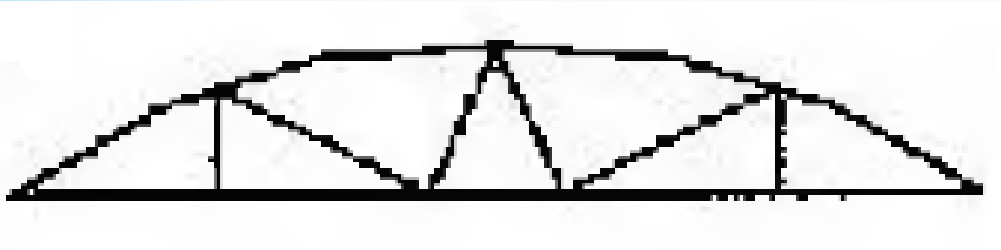


3 Сегментные фермы. Очертание верхнего пояса близкое к параболическому, но состоит из прямолинейных отрезков. Очертание верхнего пояса близко к кривой давления. Усилия в поясах по длине изменяются мало, элементы решетки мало напряжены. По расходу бетона они экономичнее ферм с параллельными поясами на 20%, а трапециевидных - на 15%. Недостаток: повышенная трудоемкость устройства скатной кровли.

Стропильные фермы

Классификация ферм

По очертанию поясов и решетки

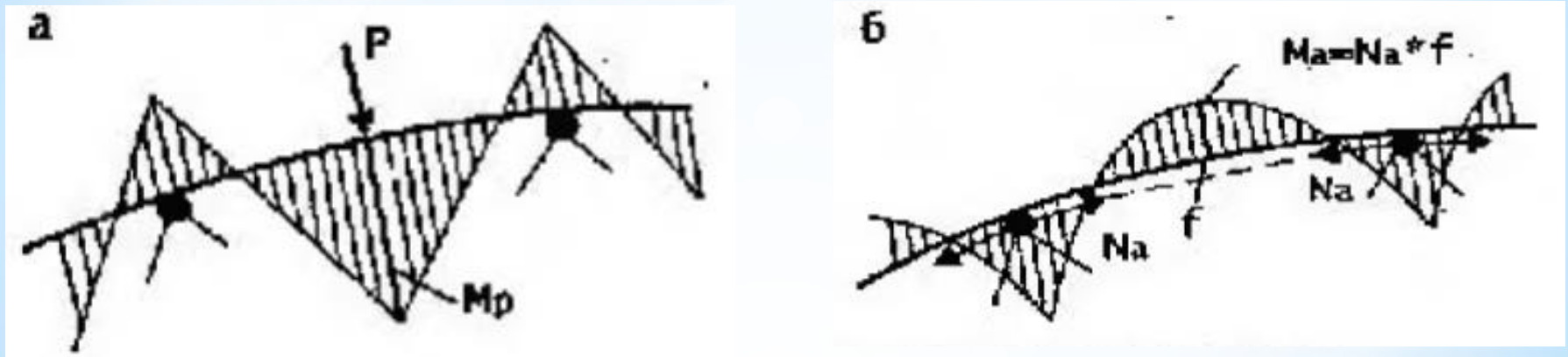


4 Арочные фермы: раскосные и безраскосные. Верхний пояс плавного криволинейного очертания и легкая разреженная решетка. В этих фермах допускается узловая передача нагрузок от плит покрытия.

Стропильные фермы

Классификация ферм

По очертанию поясов и решетки



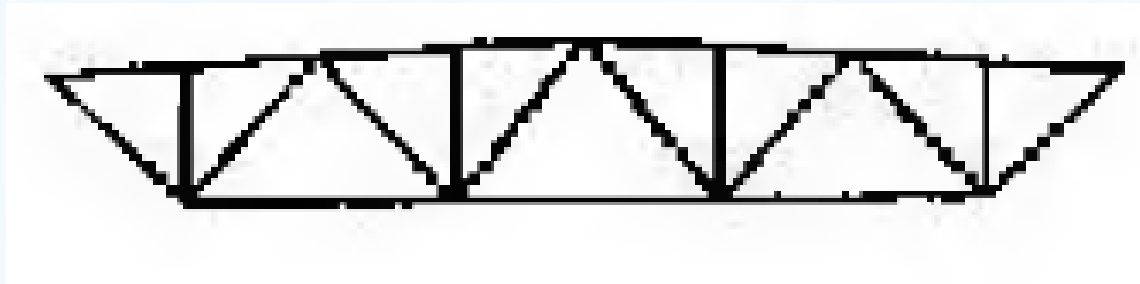
4 Арочные фермы.

Изгибающие моменты от внеузлового нагружения верхнего пояса уменьшаются вследствие эксцентриситета продольной силы, вызывающего момент обратного знака. Это позволяет увеличить расстояние между узлами и разредить решетку. По экономическим показателям эти фермы близки к сегментным (при $l=18\div 24$ м арочные немного дороже сегментных, при $l \geq 30$ м - экономичнее).

Стропильные фермы

Классификация ферм

По очертанию поясов и решетки



5 Полигональные фермы с ломаным очертание нижнего пояса. Более устойчивы при монтаже, т.к. центр тяжести расположен ниже уровня опор.

В этих фермах возникает выгодное распределение усилий: все элементы, кроме верхнего пояса, сжатые.

Особенно эффективны эти фермы при расположении вдоль продольных рядов колонн с опиранием на них крупногабаритных плит покрытия.

Недостаток: сложная технология изготовления.

Стропильные фермы

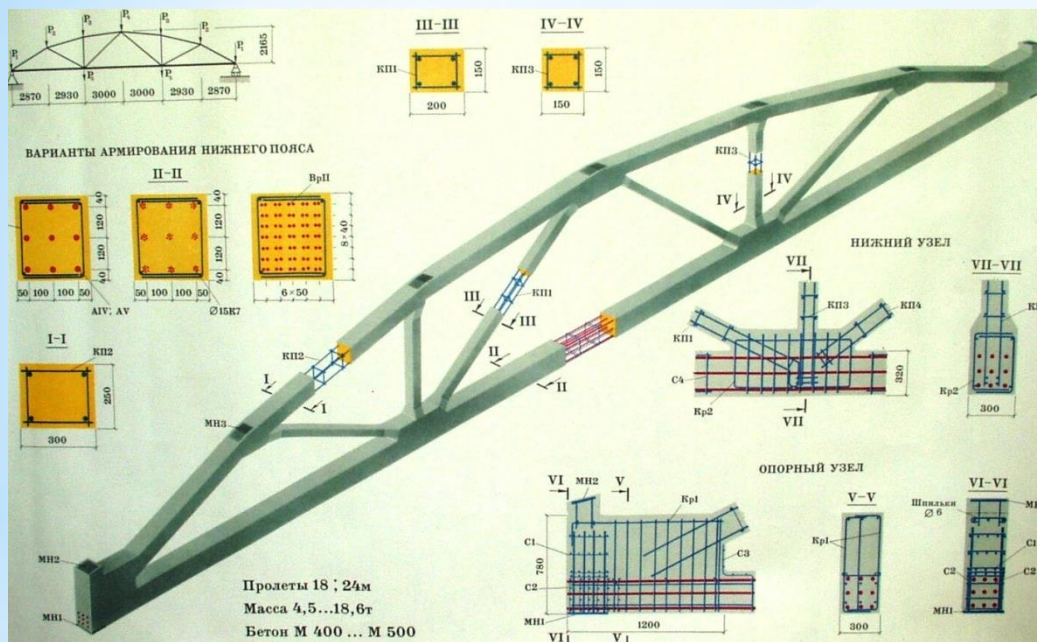
Классификация ферм

По способу изготовления

- 1 Фермы с **закладной решеткой**.
- 2 С бетонированием **всей фермы** одновременно.
- 3 **Цельные** - более рациональный вариант.
- 4 **Составные** - $L \geq 30$ м, дороже цельных 10÷15%.

Сегментные фермы

Компоновка элементов ферм



1. Высота ферм в середине пролета $(1/7 \div 1/9)L$;

2. Расстояние между узлами верхнего пояса - 3 м (для узлового опирания);

3. ширину верхнего пояса b назначают из

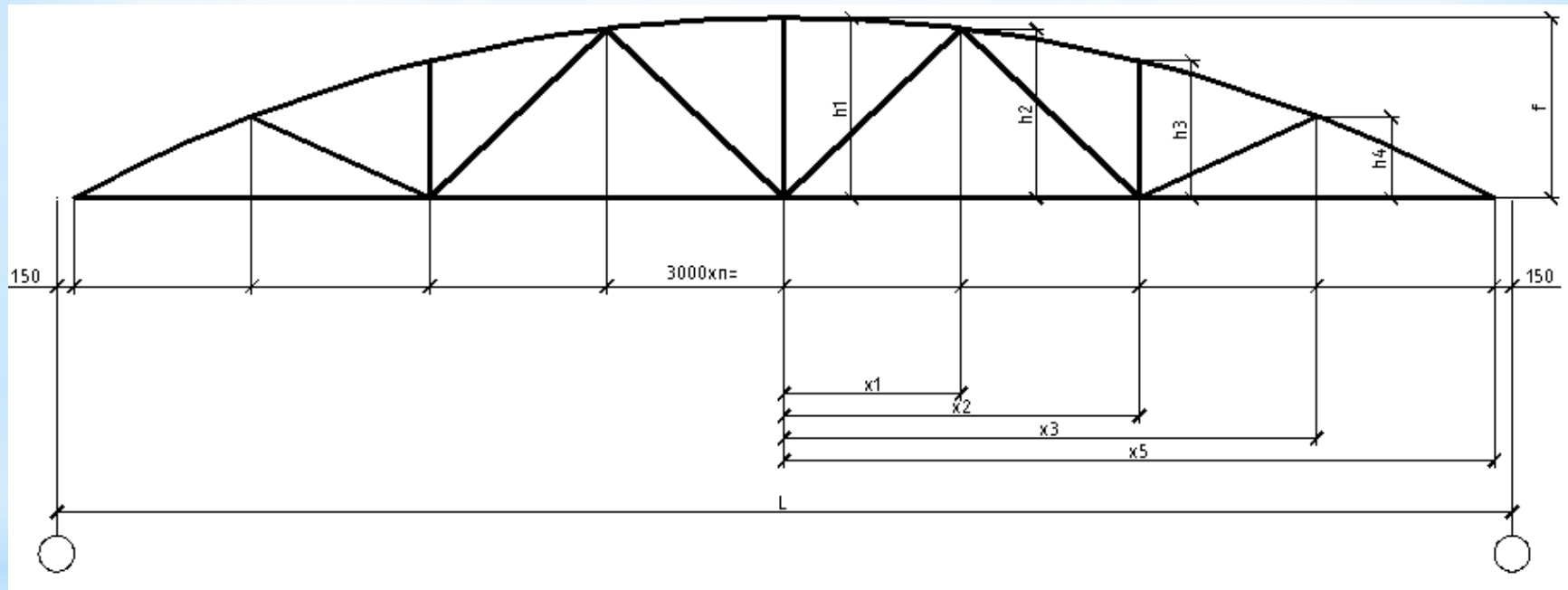
условия опирания плит и устойчивости его из плоскости ферм: при $V=6\text{ м}$ $b=20 \div 25\text{ см}$; $V=12\text{ м}$ $b=30 \div 35\text{ см}$.

Ширина нижнего пояса принимается равной ширине верхнего пояса. Ширина элементов решетки в ферме, изготавливаемой целиком, равна ширине поясов. Для закладной решетки ширина стоек и раскосов может быть меньше ($\approx 15\text{ см}$).

Сегментные фермы

Компоновка элементов ферм

Определение геометрической схемы фермы



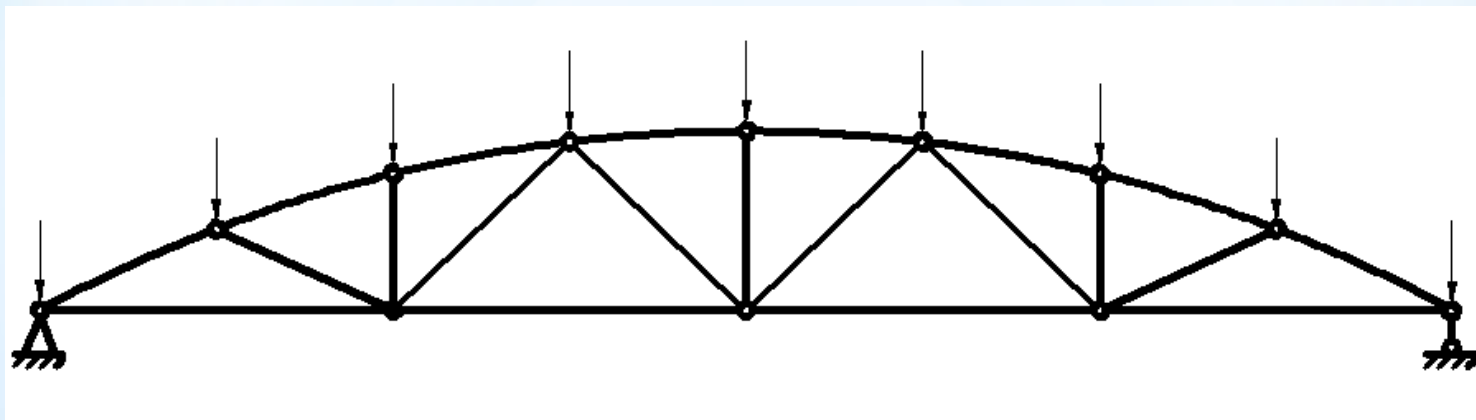
$$f = \left(\frac{1}{7} \div \frac{1}{9}\right)L$$

$$h_i = f \left[1 - 4 \left(\frac{x_i}{L}\right)^2 \right]$$

Сегментные фермы

Статический расчет сегментной фермы

Расчетная схема



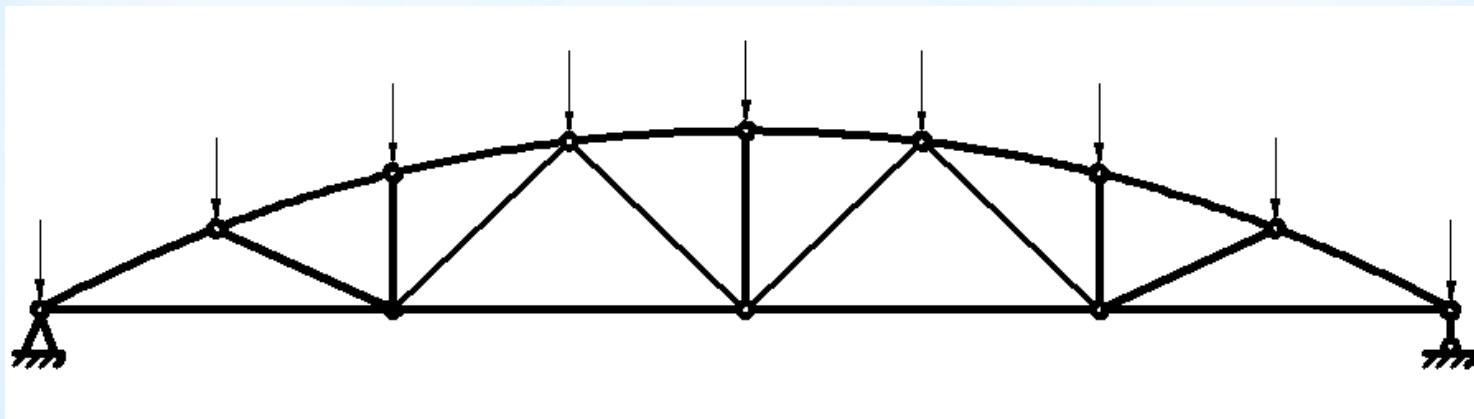
Железобетонная ферма имеет **жесткие узлы**. Вследствие этого при взаимном смещении или повороте узлов в элементах фермы возникают **изгибающие моменты**, величины которых пропорциональны изгибной жесткости элементов.

В предельном состоянии, когда большинство элементов **рассечено трещинами**, их **изгибная жесткость** значительно **снижается**, моменты уменьшаются, влияние их на несущую способность мало и может **не учитываться**.

Сегментные фермы

Статический расчет сегментной фермы

Расчетная схема



Влияние **жесткости узлов** на величину продольных сил и прогибов фермы мало и может **не учитываться**, т.е. вычисление продольных сил может вестись по **шарнирной схеме**. В этом случае ферма из многократно статически неопределимой рамной системы превращается в **статически определимую** систему. Если нагрузка приложена в панелях верхнего пояса **между узлами**, то при расчете учитывают **местный изгиб** верхнего пояса. При этом пояс фермы рассматривают как **неразрезную балку**, опорами которой являются узлы фермы.

Сегментные фермы

Статический расчет сегментной фермы

Нагрузки на стропильные фермы

- * 1. Нагрузка от **собственной массы фермы** принимается сосредоточенной в узлах фермы.
- * 2. Нагрузка от **плит покрытия** принимается по справочным данным и прикладывается в узлах фермы.
- * Действие нагрузки от плит покрытия следует рассматривать на стадиях **монтажа и эксплуатации**. При монтаже рассматривают стадии загрузки плитой $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$ и $\frac{3}{4}$ пролета фермы.
- * 3. Нагрузка от **кровли** принимается по фактической конструкции кровельного ограждения.

Сегментные фермы

Статический расчет сегментной фермы

Нагрузки на стропильные фермы

* Упрощенно при расчетах на стадии эксплуатации постоянную нагрузку можно определить и распределить **по узлам** пропорционально размерам панелей верхнего пояса фермы.

* 4. Снеговая нагрузка

Значение снеговой нагрузки, а также схемы ее расположения принимаются по НТП РК 01-01-3.1(4.1)-2012. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДАНИЯ (к СП РК EN 1991-1-3 (4):2003/2011)

Снеговые нагрузки. Ветровые воздействия.

Сегментные фермы

Статический расчет сегментной фермы

Нагрузки на стропильные фермы

Снеговая нагрузка

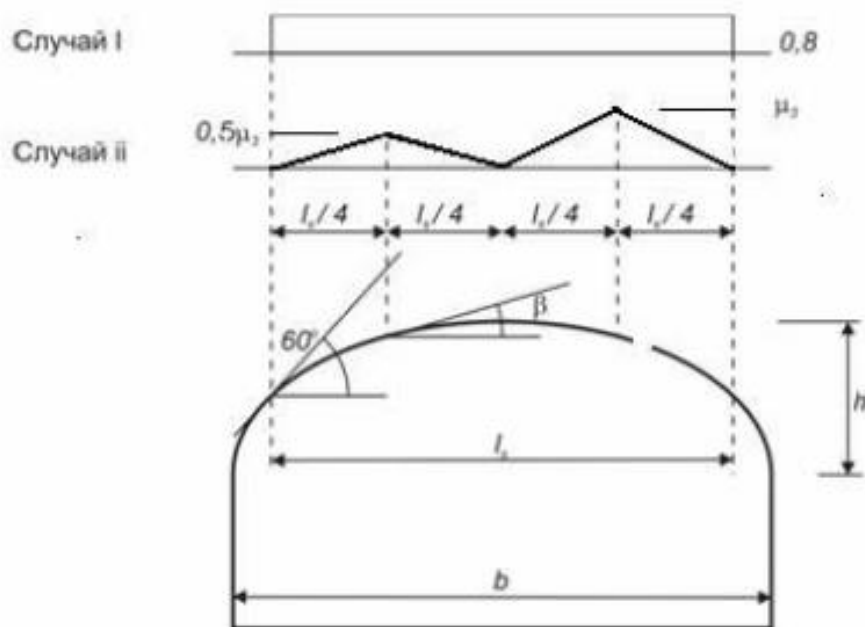
- * Снеговые нагрузки на фермы следует определять следующим образом:
- * $S = \mu_i * C_e * C_t * S_k$,
- * где S_k - характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (карта характеристических значений снеговой нагрузки на грунт);
- * μ_1 - коэффициент формы снеговой нагрузки, зависящий от профиля покрытия;
- * C_e - коэффициент окружающей среды;
- * C_t - тепловой коэффициент.

Сегментные фермы

Статический расчет сегментной фермы

Нагрузки на стропильные фермы

Снеговая нагрузка



При выполнении расчетов следует принимать две следующие основные схемы приложения нагрузок:

- нагрузка от снега на покрытие без учета наносов ;
- нагрузка от снега на покрытие с учетом наносов.

Сегментные фермы

Статический расчет сегментной фермы

Определение усилий в элементах фермы

Усилия в элементах ферм определяют:

- * - методом вырезания узлов;
- * - методом сечений;
- * - по диаграмме Максвелла-Кремоны.
- * Определяют расчетные сочетания усилий для каждого элемента фермы.

Сегментные фермы

Расчет элементов сегментной фермы

Бетон тяжёлый класса **C25/30; C30/37; C35/45; C40/50**.

В качестве **напрягаемой** арматуры предварительно напряженных элементов **нижнего пояса** фермы следует применять **стержневую арматуру** классов **S800, S1000**, **проволочную** класса **S1200** и **канатную** арматуру класса **S1400**.

В качестве **ненапрягаемой** арматуры элементов **верхнего пояса** и **решётки** следует использовать арматуру классов **S400, S500**.

По способу производства арматура может быть горячекатаной (в том числе упрочненной вытяжкой), термомеханически упрочненной, холоднодеформированной.

Сегментные фермы

Расчет элементов сегментной фермы

Нижний пояс

- * Рассчитывается по наибольшему усилию как центрально растянутый элемент.
- * Устанавливается класс бетона, передаточная прочность бетона, назначается величина предварительного напряжения, вычисляется величина потерь предварительного напряжения.

Расчёт по несущей способности

Необходимая площадь продольной арматуры определяется из уравнения $E_d = R_d$, где

E_d - усилие от расчетных воздействий (расчётное значение эффектов воздействий N),

R_d - предельное усилие, которое может выдержать элемент (расчётное сопротивление конструктивного элемента).

Сегментные фермы

Расчет элементов сегментной фермы

Нижний пояс

Расчёт по эксплуатационной пригодности

Расчет ширины раскрытия трещин производится из условия

$$W_k = W_{\max}, \text{ где}$$

где W_k - расчетная ширина раскрытия трещин от действия внешней нагрузки,

$W_{\max} = 0,2$ мм - предельное значение ширины раскрытия трещин.

Сегментные фермы

Расчет элементов сегментной фермы

Верхний пояс

Расчёт по несущей способности

Рассчитывается на наибольшему усилию как сжатый со случайным эксцентриситетом.

Необходимая площадь продольной сжатой арматуры определяется из уравнения $E_d = R_d$, где

E_d - максимальное продольное сжимающее усилие N от расчетных воздействий,

R_d - предельное усилие, которое может выдержать элемент (расчётное сопротивление конструктивного элемента, состоящее из усилий, воспринимающих сжатым бетоном и арматурой).

Сегментные фермы

Расчет элементов сегментной фермы

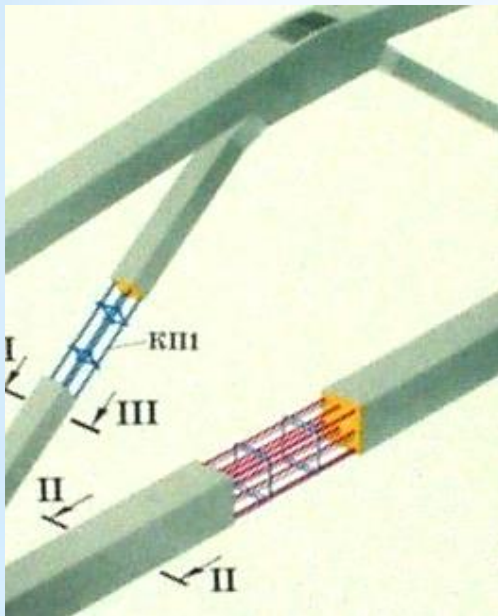
Элементы решётки

- * Сжатые элементы решетки рассчитываются аналогично сжатому поясу по несущей способности с определением необходимого количества рабочей продольной арматуры.
- * Для растянутых элементов сначала подбирается A_s , требуемая для обеспечения прочности сечения, затем выполняется расчет по трещиностойкости.

Сегментные фермы

Конструирование элементов сегментной фермы

Нижний пояс

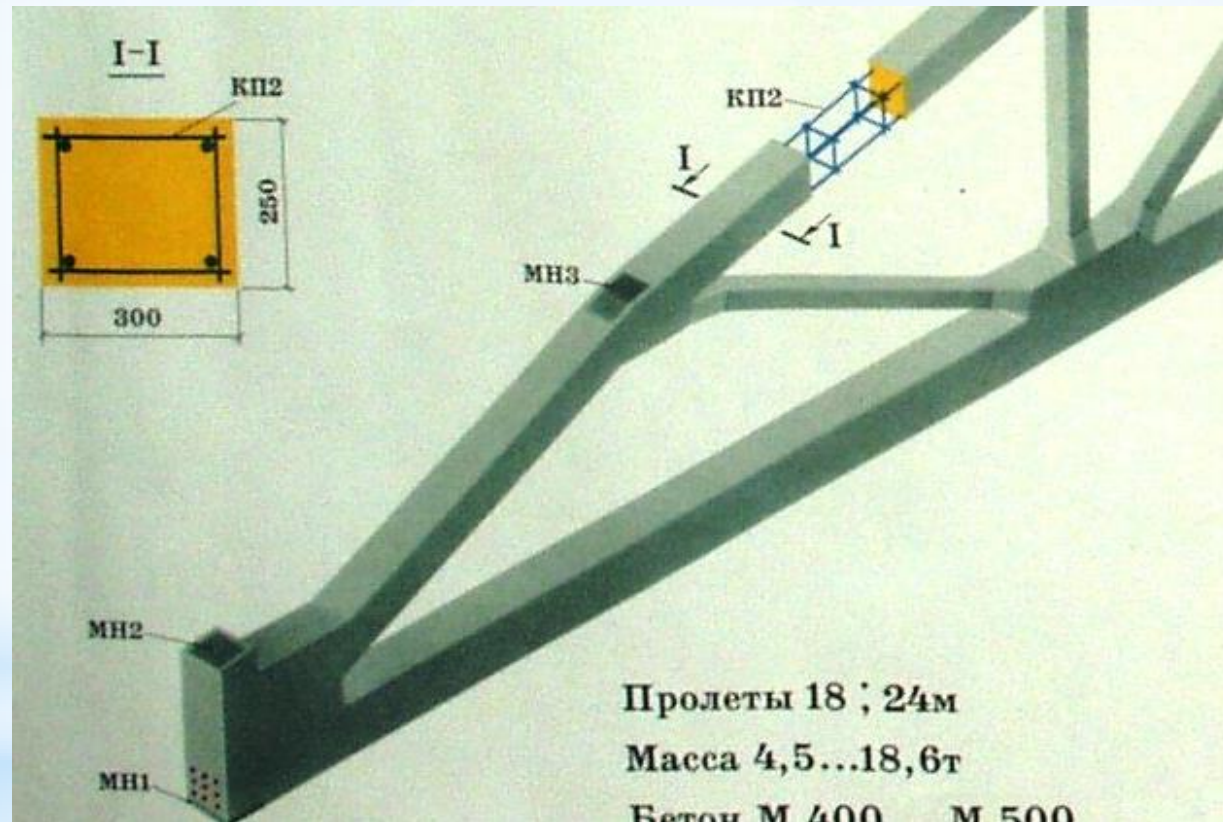


Армирование нижнего пояса выполняют с соблюдением расстояний в свету, что обеспечивает удобство укладки и уплотнения бетонной смеси. Вся растянутая арматура охватывается замкнутыми конструктивными хомутами с шагом 500 мм.

Сегментные фермы

Конструирование элементов сегментной фермы

Верхний пояс

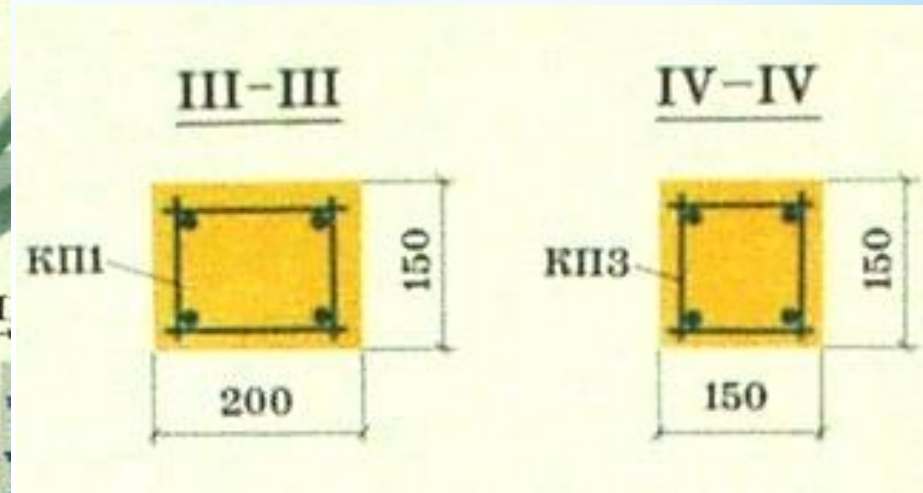
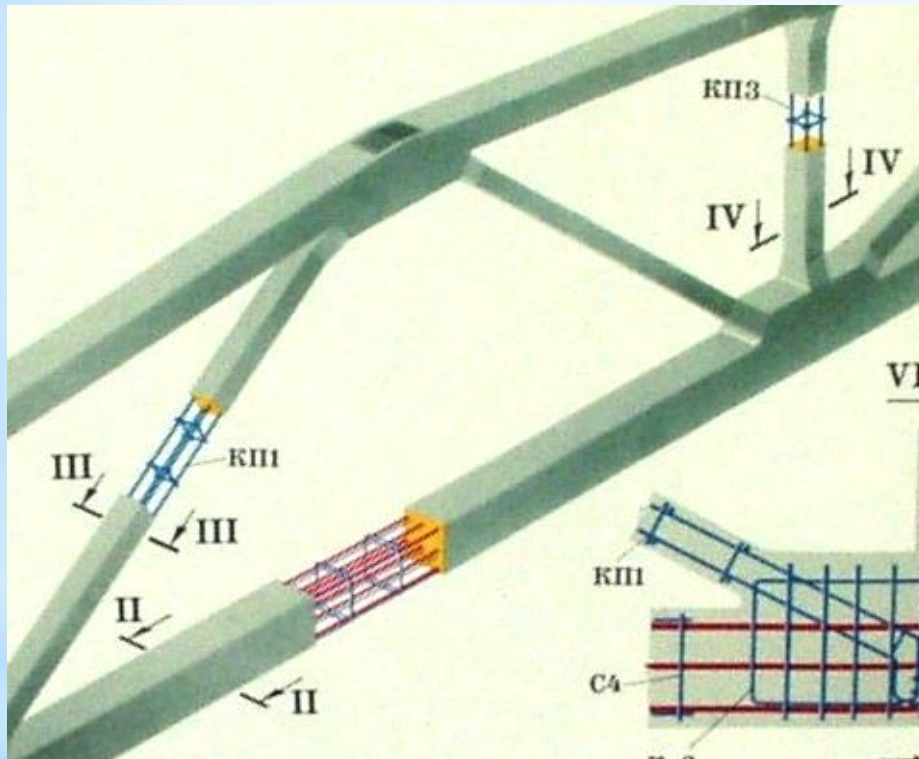


Верхний сжатый пояс армируется ненапрягаемой арматурой в виде пространственных сварных каркасов.

Сегментные фермы

Конструирование элементов сегментной фермы

Элементы решётки

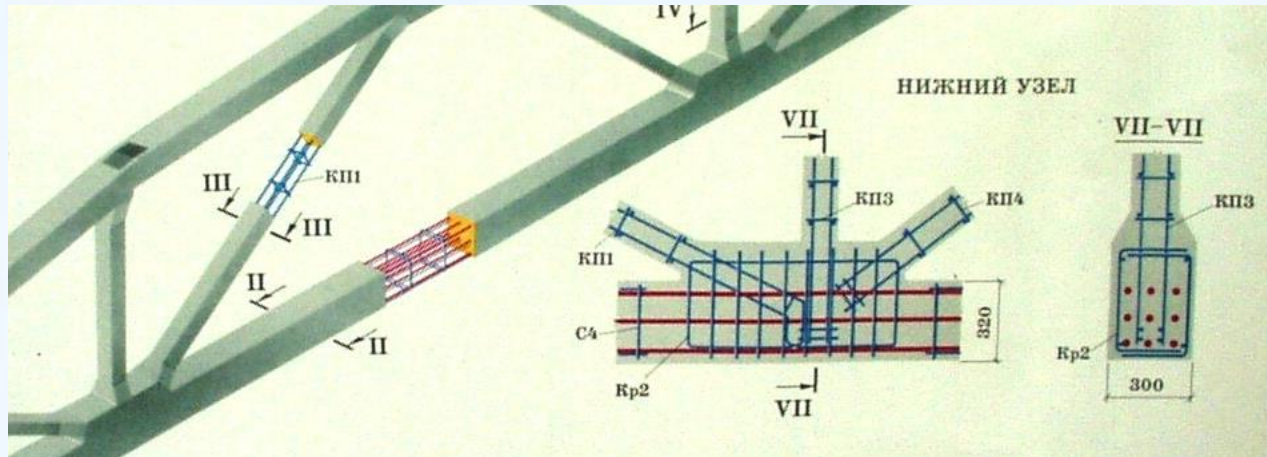


Элементы решетки армируются ненапрягаемой арматурой в виде сварных пространственных каркасов. Растянутые элементы решетки при больших усилиях выполняют предварительно напряженными.

Сегментные фермы

Конструирование элементов сегментной фермы

Узлы



В узлах для надежной передачи усилий от одного элемента другому создают уширения - вуты, которые позволяют лучше заанкерить арматуру решетки.

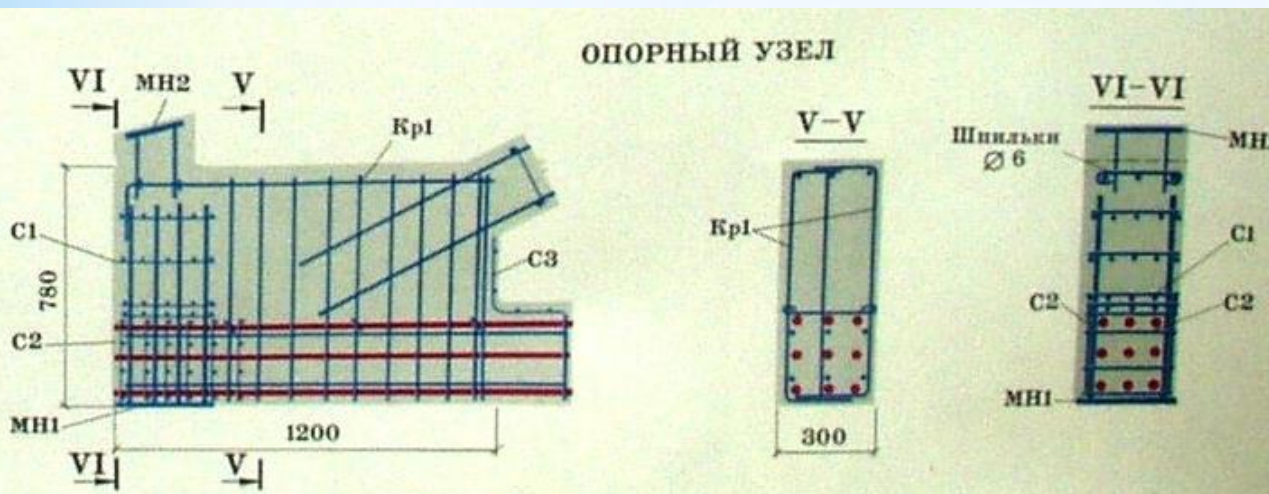
Узлы армируют окамляющими стержнями $\text{Ø}10\div18$ мм и вертикальными поперечными стержнями $\text{Ø}6\div10$ мм с $S=100$ мм.

Для надежной анкеровки арматуру элементов заводят в узлы, кроме того растянутая арматура усиливается на концах анкерами (петли, высаженные головки, коротыши).

Сегментные фермы

Конструирование элементов сегментной фермы

Опорный узел



Для обеспечения прочности опорного узла по наклонному сечению и обеспечения надежности анкеровки растянутой арматуры нижнего пояса устанавливают дополнительную арматуру и поперечные стержни.

Работа на растяжение этой арматуры компенсирует понижение растянутого усилия в напрягаемой арматуре из-за недостаточной анкеровки в узле.

Для предотвращения появления продольных трещин при отпуске натяжения арматуры ставят поперечные стержни, приваренные к опорным пластинам и сетки.