

**Тема:** «Элементы металлических конструкций»

**Лекция №16**

**"Балки и  
балочные конструкции"**

## 16.1 Общая характеристика балочных конструкций

Балки являются основным и простейшим конструктивным элементом, работающим на изгиб. Их широко применяют в конструкциях гражданских, общественных и промышленных зданий, в балочных площадках, междуэтажных перекрытиях, мостах, эстакадах и в других сооружениях.

**Достоинства:** простота конструкции изготовления и надежность в работе.

В конструкциях небольших пролетов длиной до 15-20м наиболее рационально применять сплошные балки. При увеличении нагрузки длина пролетов увеличивается, известны примеры применения сплошных подкрановых балок пролетом 36м и более. Такие балки часто бывают двустенчатыми, т.е. имеют коробчатое сечение. В автодорожных и городских мостах пролеты сплошных балок достигают 200 м более.

## 16.2 Типы балок

У металлических балок основным типом является двутавровое симметричное сечение. Мерой эффективности балки как конструкции, работающей на изгиб, является отношение момента сопротивления к площади сечения, равное ядровому расстоянию  $\rho = W/A$ . Сравнение ядровых расстояний круглого, прямоугольного и двутаврового сечений, приведенное на рис.16.1, показывает, что двутавровое сечение выгоднее прямоугольного в 2 раза и круглого в 3 раза.

В зависимости от нагрузки и пролета применяют балки двутаврового и швеллерного сечения, прокатные или составные – сварные, болтовые или клепаные (рис.16.2).

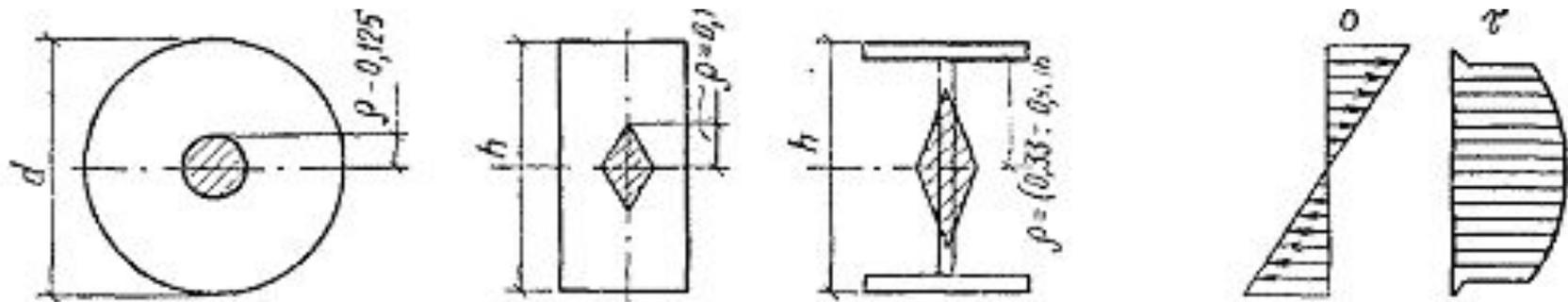
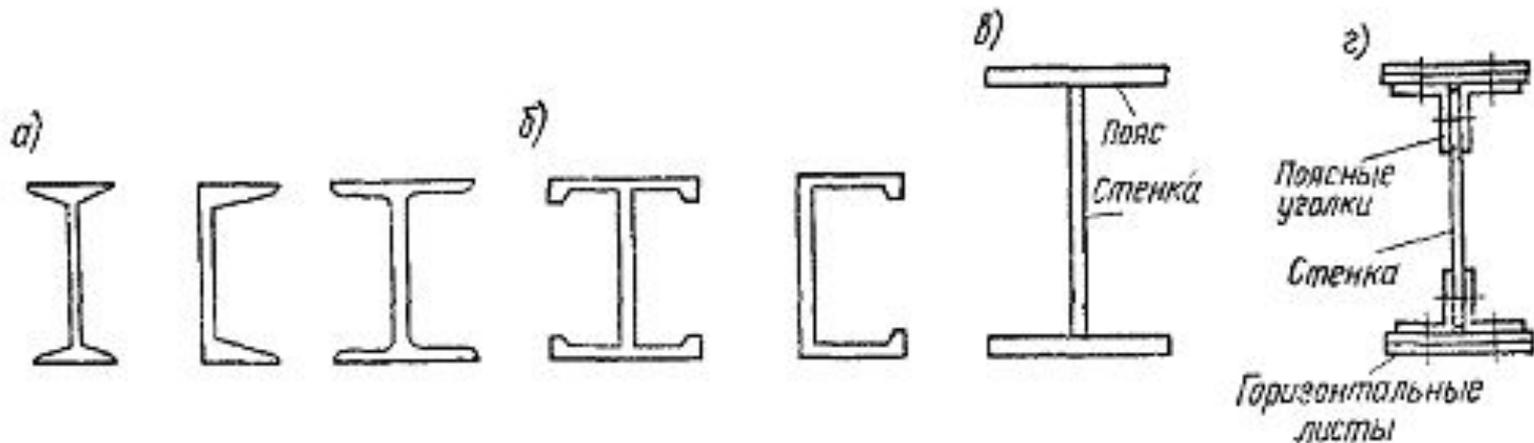


Рисунок 16.1



а - прокатные; б - прессованные; в - сварные; г - клепаные и болтовые.

Рисунок 16.2

В строительстве нашли применение тонкостенные балки, балки из гнутых профилей, прессованные, составные из алюминиевых сплавов, а также бистальные балки, т.е. балки, сваренные из двух марок стали, и балки предварительно напряженные.

Чаще применяются балки однопролетные, разрезные которые наиболее просты в изготовлении и удобны для монтажа. Однако по расходу металла они менее выгодны, чем неразрезные и консольные. Неразрезные балки благодаря наличию опорного момента, разгружающего основные моменты в пролетах, более экономичны по материалу. Они обладают большой чувствительностью к изменению температуры и осадкам опор, а так как в строительстве рекомендуют делать крайние пролеты меньше средних для сохранения постоянства сечения, то их конструкции являются индивидуальными.

### 16.3 Компоновка балочных конструкций

При проектировании конструкции балочного покрытия рабочей площадки цеха или другой конструкции необходимо выбрать систему несущих балок, называемую *балочной клеткой*.

Балочные клетки подразделяют на *три основных типа: упрощенный (рис.16.3,а), нормальный (рис.16.3,б), и усложненный (рис.16.3,в).*

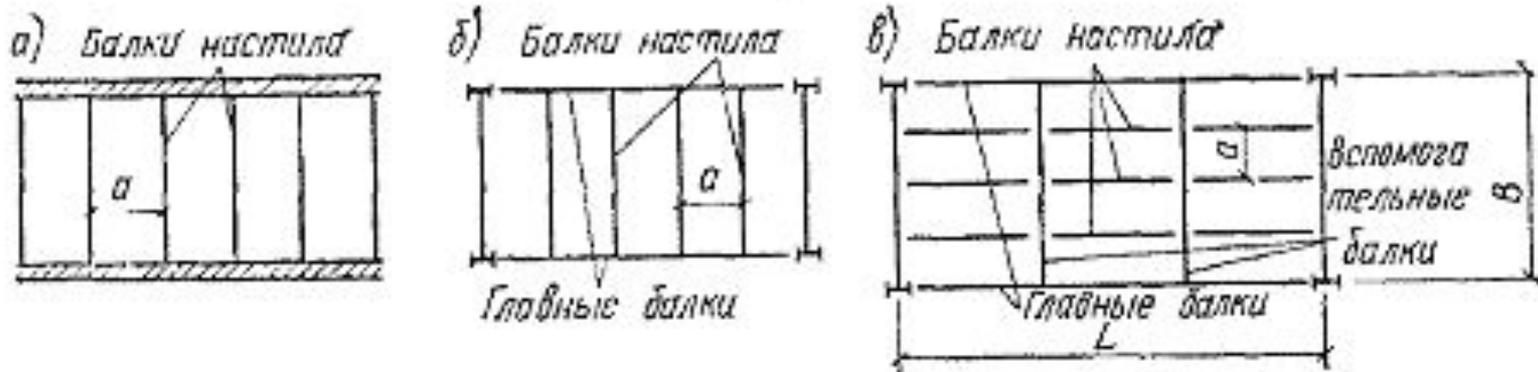


Рисунок 16.3

В упрощенной балочной клетке (рис.16.3,а) нагрузка на перекрытие передается через настил на балки настила, которые располагаются параллельно меньшей стороне перекрытия на расстоянии «а» (шаг балки) и через них на стены или другие несущие конструкции, ограничивающие площадку. Из-за небольшой несущей способности настила поддерживающие его балки приходится ставить часто, что рационально лишь при небольших пролетах их.

В нормального типа балочной клетке (рис.16.3,б) нагрузка с настила передается на балки настила, которые в свою очередь передают ее на главные балки, опирающиеся на колонны, стены или другие несущие конструкции, ограничивающие площадку. Балки настила принимаются обычно прокатными.

В усложненной балочной клетке (рис.16.3,в) вводятся еще дополнительные, вспомогательные балки, располагаемые между балками настила и главными балками, передающими нагрузку на колонны. В этом типе балочной клетки нагрузка передается на опоры наиболее длинно. Балки настила и вспомогательные балки обычно принимаются прокатными.

**Выбор типа балочной клетки связан и с вопросом о сопряжении балок между собой по высоте.**

Сопряжение балок может быть *этажное, в одном уровне и пониженное.*

При этажном сопряжении (рис.16.4,а) балки, непосредственно поддерживающие настил, укладываются на главные или вспомогательные. Это наиболее простой и удобный в монтажном отношении способ сопряжения балок, но он требует наибольшей строительной высоты.

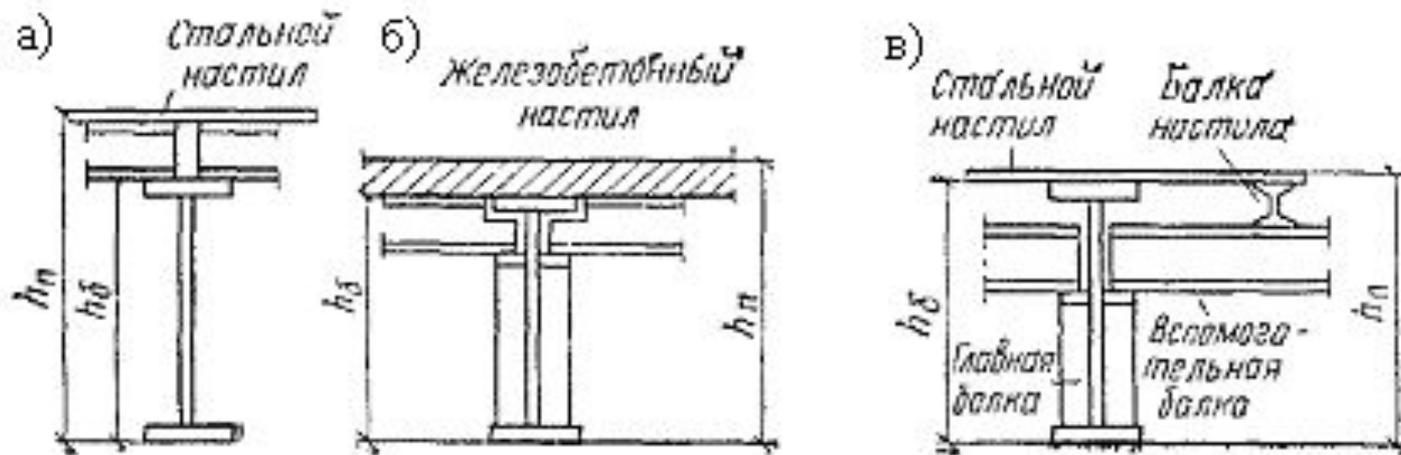


Рисунок 16.4

При сопряжении в одном уровне (рис.16.4,б) верхние полки балок настила и главных балок располагаются в одном уровне, а на них опирается настил. Этот способ позволяет увеличить высоту главной балки при заданной строительной высоте перекрытия, но существенно усложняет конструкцию опирания балок.

Пониженное сопряжение (рис.16.4,в) применяется в балочных клетках усложненного типа. В нем вспомогательные балки примыкают к главной ниже уровня верхнего пояса главной, на них поэтажно укладывают балки с настилом, которые располагаются над главной балкой. Этот тип сопряжения позволяет иметь наибольшую высоту главной балки при заданной строительной высоте перекрытия.

Основные размеры балочной клетки в плане и по высоте обычно задаются технологами или архитекторами исходя из требований размещения оборудования и удобной эксплуатации помещений.

Главные балки обычно опирают на колонны и располагают вдоль больших размеров. Расстояние между балками настила обычно бывает 0,6-1,6м при стальном и 2- 3,5м при ж/б настиле.

Расстояние между вспомогательными балками обычно назначается в пределах 2- 5м, и оно должно быть кратно пролету главной балки. При выборе этого расстояния надо стремиться получить минимальное число вспомогательных балок, причем прокатных.

*Установив направление, пролет главных балок и расстояние между балками настила, выбирают тип и компонуют балочную клетку таким образом, чтобы общее число балок было наименьшим, балки под настилом и вспомогательные балки были прокатными, а сопряжения между балками были простыми и удовлетворяли имеющейся строительной высоте перекрытия.*

## 16.4 Настилы балочных клеток

Настилы балочных клеток разнообразны в зависимости от назначения и конструктивного решения перекрытия. Очень часто поверх несущего настила устраивают защитный настил, который может быть из дерева, асфальта, кирпича и других материалов.

В качестве несущего настила чаще всего применяют плоские стальные листы или настил из сборных ж/б плит. В последнее время начинают использовать щитовой настил, состоящий из несущего стального листа, имеющего сверху защитный слой и подкрепленного снизу продольными и поперечными ребрами. Щиты настила имеют размер до 3х12м и укладываются на балки перекрытий.

Полезная нагрузка настила перекрытий задается равномерно распределенной интенсивностью до  $40 \text{ кН/м}^2$ , а предельный относительный прогиб принимают не более  $[f/l] \leq 1/150$ .

### Стальной настил

Несущий настил состоит из стального листа, уложенного на балки и приваренного к ним (рис.16.5,а).

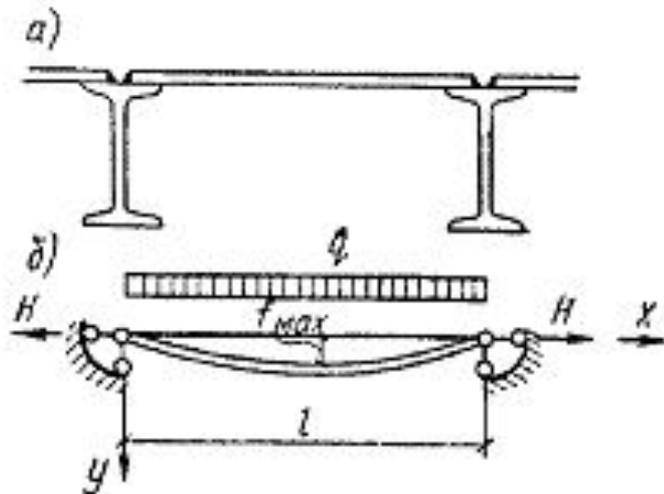


Рисунок 16.5

Для настилов следует использовать листы толщиной 6-8мм при нагрузке  $q \leq 10 \text{ кН/м}^2$ ; 8-10мм при  $11 \leq q \leq 20 \text{ кН/м}^2$ ; 10-12мм при  $21 \leq q \leq 30 \text{ кН/м}^2$ .

Приварка настила к балкам делает невозможным сближение опор настила при его прогибе под нагрузкой, что вызывает в нем растягивающие цепные усилия  $H$ , улучшающие работу настила в пролете (рис.16.5,б).

При нагрузках не более  $50 \text{ кН/м}^2$ , и предельном относительном прогибе не более  $1/150$  прочность шарнирно закрепленного по краям стального настила всегда будет обеспечена, и его надо рассчитывать только на прогиб.

Для расчета настила мысленно вырежем из него полосу единичной ширины, закрепленную по концам неподвижными шарнирами (рис.16.5,б), и тогда ее прогиб под нагрузкой:

$$\hat{f} = f_0 \frac{1}{1 + \alpha} \sin \frac{\pi x}{l} \quad (16.1)$$

$f_0$  - балочный прогиб в середине полосы от поперечной нагрузки «q» (Беленя Е.И., с.131);  $\alpha = H/P_3$  ( $H$  - сила растяжения полосы,  $P_3$  - Эйлера сила);  $x$  - расстояние от левой опоры до места определения прогиба;  $l$  - пролет настила.

Искомое отношение пролета пластинки к ее толщине:

$$\left( \frac{l}{t} \right) = \frac{4n_0}{15} \left( 1 + \frac{72E_1}{n_0^4 q} \right) \quad (16.2)$$

$n_0 = [f/l]$  - заданное отношение пролета настила к его предельному прогибу;  $q$  - нормативная нагрузка на настил.

Искомое отношение длины пролета пластинки к ее толщине можно определять также по графикам (рис.16.6).

Силу  $H$ , на действие которой надо проверить сварные швы, прикрепляющие настил и поддерживающую его конструкцию определяем по формуле:

$$H = n \frac{\pi^2}{4} \left[ \frac{\hat{f}}{l} \right]^2 E_1 t \quad (16.3)$$

$n$  - коэффициент перегрузки для действующей нагрузки

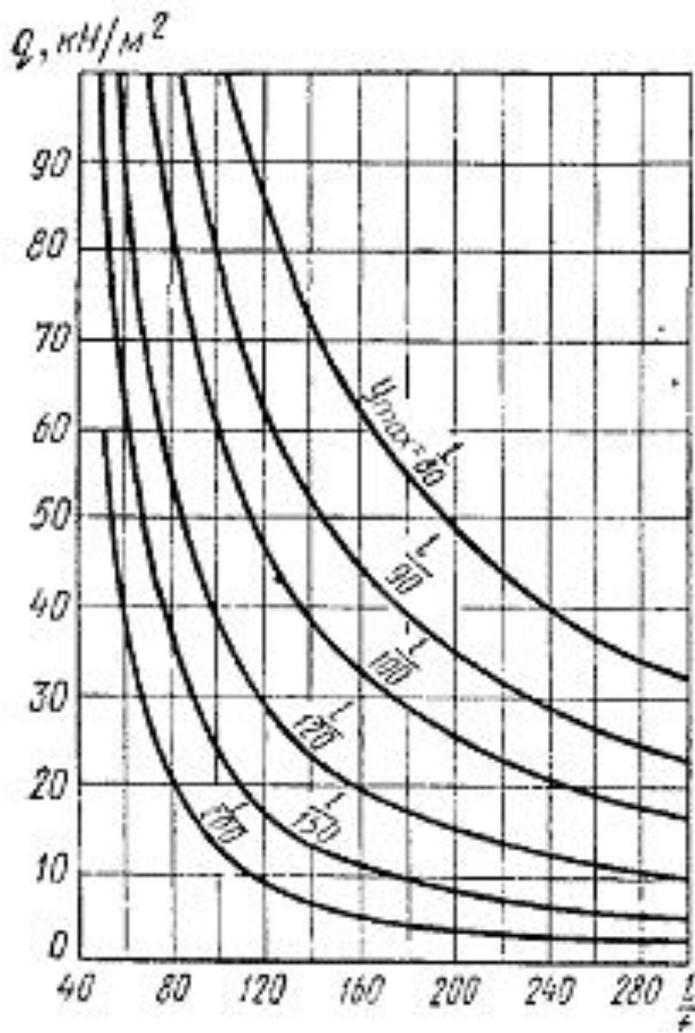


Рисунок 16.6

Если размеры настила (его толщина  $t$  и пролет  $l$ ) известны, то проверить его несущую способность и прогиб можно по формулам:

$$\hat{t} = \hat{t}_0 \frac{1}{1 + \alpha} \quad (16.4)$$

$$\sigma = \frac{H}{A} + \frac{M}{W} \quad (16.5)$$

$$H = \frac{\pi^2 E_1 l}{l^2} \alpha \quad (16.6)$$

$$M = M_0 \frac{1}{1 + \alpha} \quad (16.7)$$

где  $M_0 = ql^2/8$  – балочный изгибающий момент;  $A$  - площадь поперечного сечения,  $W$ - момент сопротивления полосы настила;  $\alpha$  - определяется из уравнения  $\alpha(1+\alpha^2) = 3(f_0/t)^2$ ,  $f_0$  - балочный прогиб.

## Железобетонный настил

Наряду со стальными настилами в перекрытиях находят применение в качестве несущего настила ж/б плиты. Толщину ж/б плит для определения веса перекрытия рекомендуется брать по табл.16.1

Таблица 16.1

## Толщина железобетонной плиты

Расчетный пролет плиты, м	Толщина железобетонной плиты, см, при временной нормативной нагрузке, кН/м <sup>2</sup>			
	15—20	20—25	25—30	30—35
1,5—2	10	12	12	14
2,1—2,5	12	12	14	16
2,6—3	14	14	16	18