

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 клепанные (рис.16.2).

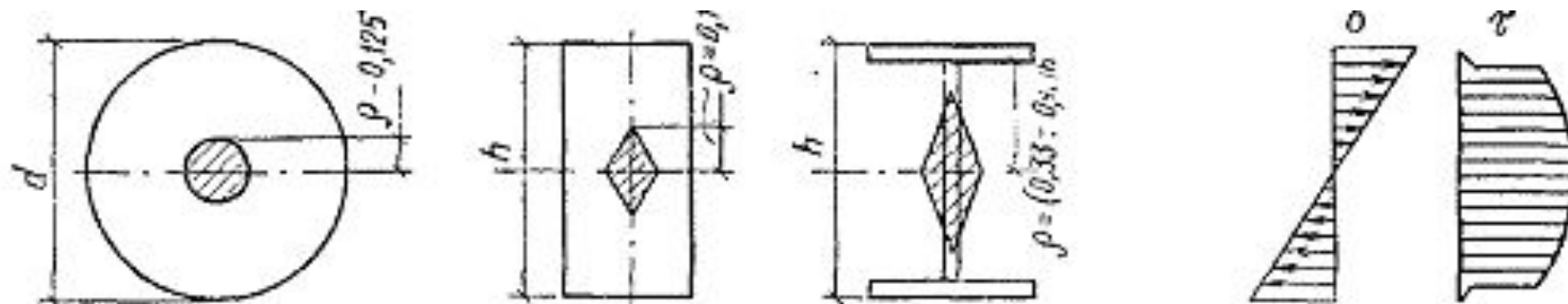
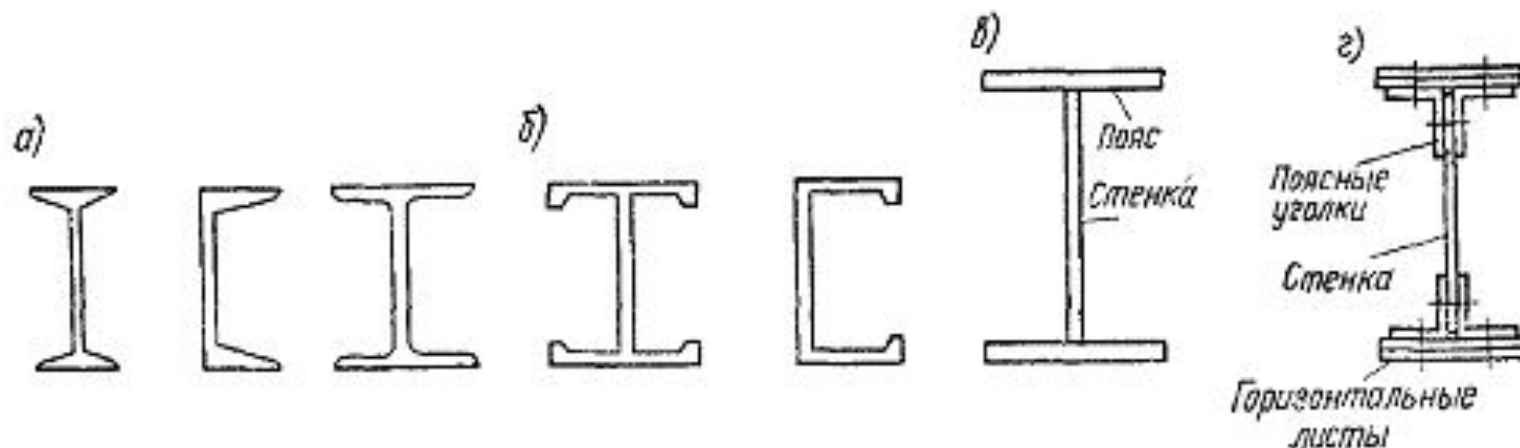


Рисунок 16.1



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).

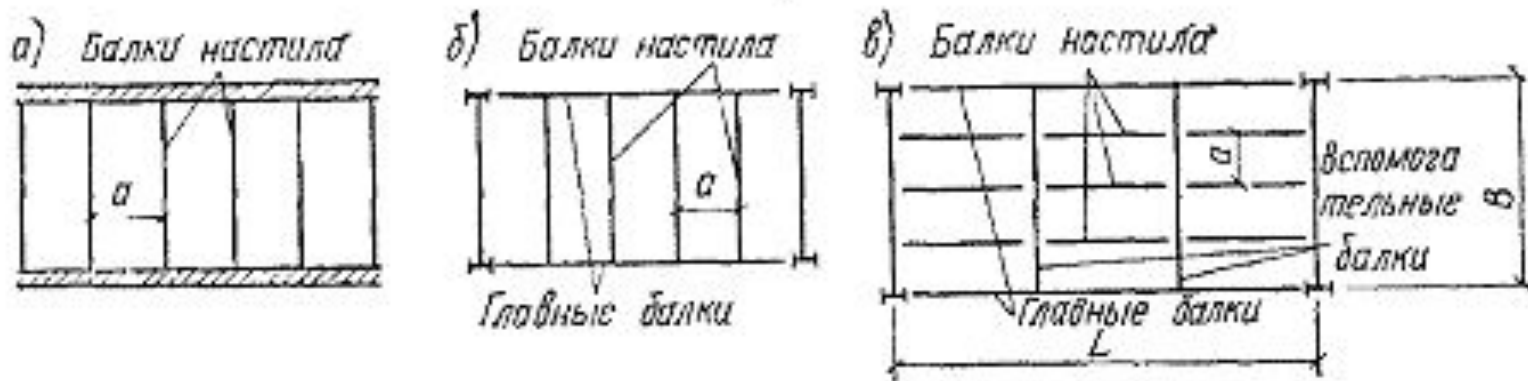


Рисунок 16.3

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.

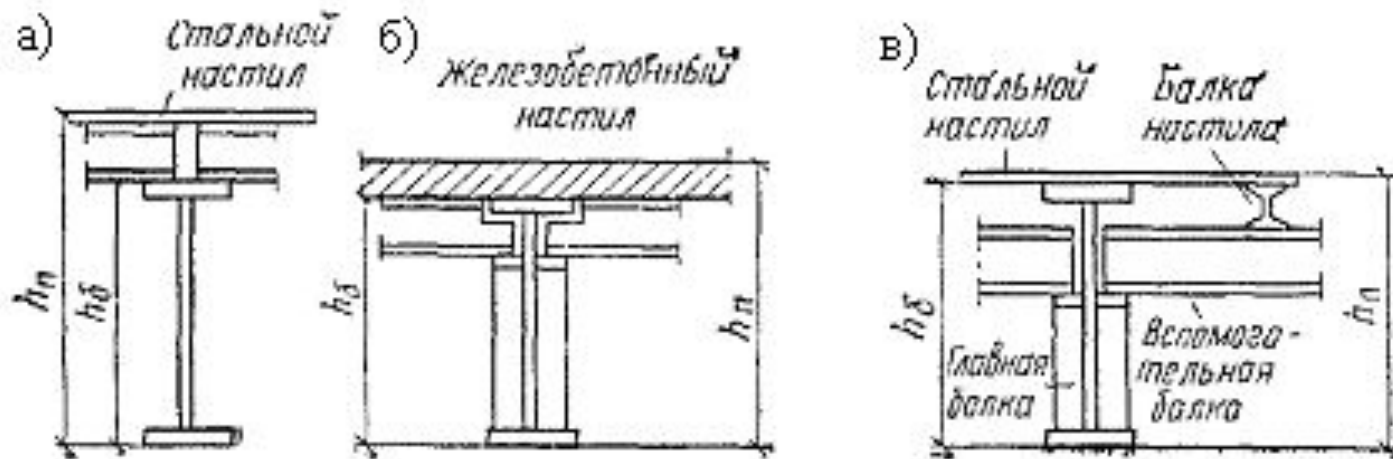


Рисунок 16.4

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 komponуют 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 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).

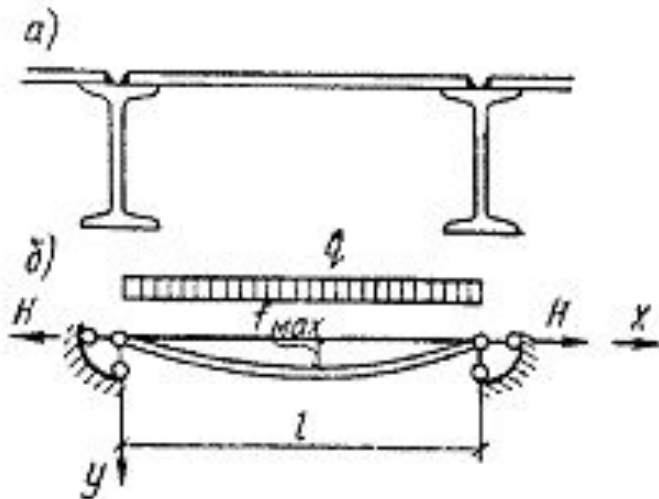


Рисунок 16.5

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 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:

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

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:

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

$n_0 = [f/l]$ - 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:

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

n - коэффициент перегрузки для действующей нагрузки

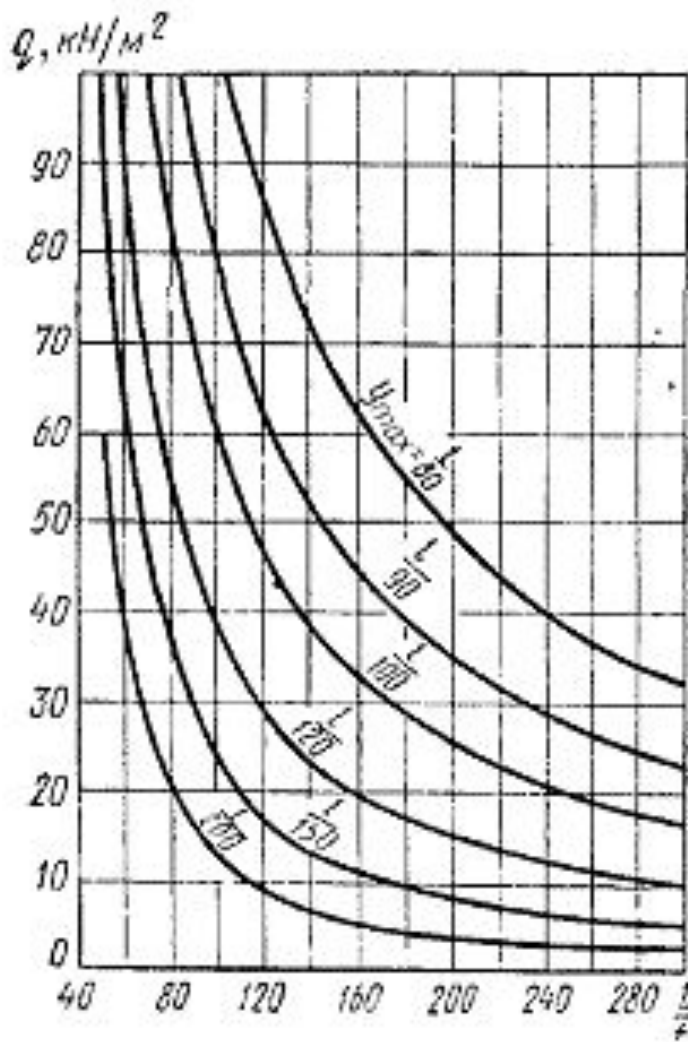


Рисунок 16.6

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

$$\hat{f} = f_0 \frac{1}{1 + \alpha} \quad (16.4)$$

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

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

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

где $M_0 = ql^2/8$ – балочный изгибающий момент; A – площадь поперечного сечения, W – момент сопротивления полосы настила; α – 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 ²			
	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