Конструирование балок

Конструирование балок

Проектирование и расчет начинают с анализа предполагаемой конструктивной схемы сооружения или его фрагмента. В результате формируется расчетная схема балки с указанием типов, мест приложения и интенсивности нагрузок. При длине балки более 6 метров балка должна состоять из отправочных марок – частей балки выполненных на заводе.

Размеры отправочной марки подбирают:

1. из условия удобства транспортировки;

2. из условия длины листовой стали;

3. из условия удобства изготовления отправочных марок.

Отправочные марки выполняют в заводских условиях, соединяя детали сварными швами или болтами.

Отправочные марки доставляют на площадку, закрепляют в кондуктора, соединяют монтажными стыками и затем монтируют на колонны. Первые швы – швы стенки главной балки, вторые швы – угловые, третьи швы – привариваются нижний и нижний пояса. Для выполнения монтажного шва в месте крепления верхнего и нижнего поясов оставляют на заводе непровар на величину 500 мм, для предотвращения сварных деформаций во время монтажной сборки.

Конструирование балок

Порядок проектирования:

1. Принимаем решение о марке стали;

2. Определяем расчетную схему балки (если на пролете сосредоточено не менее 8 сосредоточенных нагрузок, то считают загружение равномерным). Определяют нормативную и расчетную нагрузку на нее.

3. Определяем расчетные усилия (максимальный момент и поперечную силу).

4. По расчету устанавливаем все геометрические параметры балки. все размеры принимают в соответствии с сортаментом.

5. Определяется длина отправочной марки.

6. Выполняется чертеж отправочной марки, спецификация на уровне КМ и КМД.

Определение толщины стального настила балочных клеток

Для того, чтобы верно рассчитать и сконструировать сварную балку, нужно принять оптимальную толщину настила. Наиболее выгодное решение по расходу материалов получается при минимальной толщине настила, поэтому для настилов рекомендуется использовать листы толщиной:

- t_n=6 – 8 мм при нагрузке на настил $q \leq 10$ кН/м^2;
- t_n=8 – 10 мм при нагрузке на настил $11 < q \leq 20$ кН/м^2;
- t_n=10 – 12 мм при нагрузке на настил $21 < q \leq 30$ кН/м^2;
- t_n=12 – 14 мм при нагрузке на настил $q > 30$ кН/м^2.

Определение толщины стального настила балочных клеток

- Из условия жесткости настила должно выполняться условие

$$\frac{l_n}{t_n} \leq \frac{4n_o}{15} \times \left(1 + \frac{72E_1}{n_o^4 \times q^n}\right);$$

где l_n – пролет настила, равный шагу балок настила l, м;

t_n - толщина настила, м;

$n_o = \frac{l_n}{f} = 150$ – отношение пролета настила к его предельному прогибу;

q_n – нормативная временная нагрузка на настил, кН/см^2;

$$E_1 = \frac{E}{1-\vartheta^2};$$

где υ - коэффициент Пуассона, для стали υ=0,3;

E – модуль упругости стали, принимаемый равным $E=2{,}06 \times 10^4$ кН/см^2.

После проверки условия жесткости настила для принятого шага балок настила подбирают сечение балок настила прокатного сечения.

Подбор сечений и проверка несущей способности прокатных балок

В качестве прокатных балок применяются двутавры с уклоном внутренней грани полок, с уклоном параллельных граней полок. Их № подбираются в соответствии с ГОСТ и только тогда, когда мы не можем подобрать прокатный двутавр, а это имеет место при большой нагрузке мы используем сварной двутавр.

1) исходные данные

2) статический расчет. Суть этого блока состоит в выборе расчетной схемы балки и ее статического расчета.

3) конструктивный расчет.

Подбор сечений и проверка несущей способности прокатных балок

Прокатную балку рассчитываем по двум предельным состояниям. По первому предельному состоянию мы должны обеспечить несущую способность балки (прочность, общую устойчивость, местную устойчивость элементов). По второму предельному состоянию мы должны обеспечить пригодность балки к ее нормальной эксплуатации, при этом прогиб балки не должен превышать предельной. Мы должны гарантировать не наступление первого и второго предельного состояния.

Подбор сечений и проверка несущей способности прокатных балок

- Предварительный подбор сечения – из условия прочности по 1 ГПС.

Находим погонную **<u>нормативную</u>** равномерно распределенную нагрузку на единицу длины балки настила определяется по формуле:

$$q^n = \left(g_n^n + p^n\right) \times l;$$

где $g_n^n = t_n \times \rho$ – постоянная нормативная нагрузка от веса настила, кН/м^2;

p^n – временная нормативная равномерно распределенная нагрузка на настил, кН/м^2 (по заданию);

t_n - толщина настила, м;

ρ – удельный вес стали, ρ=7850 кгс/м^3=78,5кН/ м^3;

l – шаг балок настила, м.

Подбор сечений и проверка несущей способности прокатных балок

- Затем, погонную **расчетную** равномерно распределенную нагрузку на единицу длины балки настила определяется по формуле:

$$q = \left(g_n^n \times \gamma_f^g + p^n \times \gamma_f^p\right) \times l;$$

где $g_n^n = t_n \times \rho$ – постоянная нормативная нагрузка от веса настила, кН/м^2;

p^n – временная нормативная равномерно распределенная нагрузка на настил, кН/м^2 (по заданию);

t_n - толщина настила, м;

ρ – удельный вес стали, ρ=7850 кгс/м^3=78,5кН/ м^3;

l – шаг балок настила, м;

γ^g_f – коэффициент надежности по нагрузке для металлических конструкций в соответствии с табл. 7.1 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»

γ^p_f - коэффициент надежности по нагрузке для временных равномерно распределенных нагрузок в соответствии с п.8.2.2 СП 20.13330.2016

«Нагрузки и воздействия».

Подбор сечений и проверка несущей способности прокатных балок

- Следующим этапом, находим максимальный изгибающий момент в балке настила равен, кН*м:

$$M_{max} = \frac{q \times l^2}{8};$$

где q – погонная расчетная равномерно распределенная нагрузка на единицу длины балки настила, кН/м;

l =В - расчетный пролет балок настила, равный расстоянию между осями балочной клетки в поперечном направлении, м.

Затем, требуемый момент сопротивления балки настила определяем по формуле:

$$W_{xn} = \frac{M_{max}}{c_x \times R_y \times \gamma_c};$$

где M_{max} - максимальный изгибающий момент в балке настила, кН*см;

c_x = 1,1 – коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций;

R_y – расчетное сопротивление стали балок проката, принимаемое по таблице В.5 СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» или по таблице 3 Приложения Б, кН/см^2.

γ_c – коэффициент условий работы элементов конструкций и соединений, приведенный в таблице 1 СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» или в таблице 4 Приложения Б.

Подбор сечений и проверка несущей способности прокатных балок

- По полученному значению требуемого момента сопротивления балки при соблюдении условия $W_x > W_{xn}$ подбирают прокатную балку двутаврового сечения с уклоном внутренних граней полок по ГОСТ 8239-89 или с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020-83 по таблицам 1 или 2 сортамента, приведенным в Приложении В.

Для принятого сечения выполняют проверку:

а) по 1-му предельному состоянию на прочность по формуле, кН/см^2:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{c_x \times W_x} \leq R_y \times \gamma_c,$$

где W_x – момент сопротивления принятого сечения двутавра, см^3.

б) по 2-му предельному состоянию по деформациям (проверка жесткости прокатных балок).

Проверка жесткости прокатных балок

- Относительный прогиб балки настила не должен превышать нормативного:

$$\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l}\right]$$

Для однопролетной балки настила, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, проверку прогиба следует проводить по формуле:

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_n \times l^4}{E \times I_x} \leq [f_u],$$

где q_n - погонная нормативная равномерно распределенная нагрузка на единицу длины балки настила, кН/см;

l =B - расчетный пролет балок настила, равный расстоянию между осями балочной клетки в поперечном направлении, см;

E – модуль упругости стали, принимаемый равным $E=2{,}06 \times 10^4$ кН/см^2;

I_x – осевой момент инерции принятого сечения балка настила, см^4;

$[f_u]$ – предельно допустимый прогиб конструкции, принимаемый в соответствии с требованиями главы 15 и приложения Е СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»

Если условие (*) не выполняется, то следует увеличить сечение балки.

Для прокатных балок проверка жесткости является обязательной. При нарушении требований к жесткости могут наступить следующие последствия:

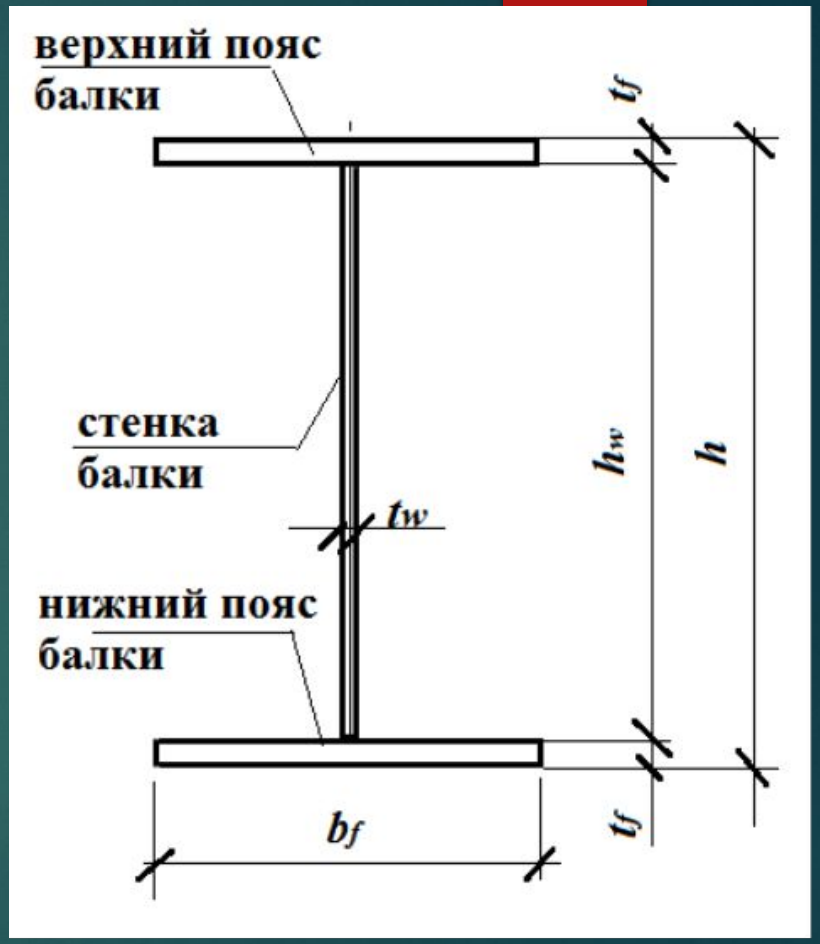
1.Чрезмерный прогиб и провисание конструкции

2.Потеря устойчивости балки из плоскости стенки.

Высота балок, выбор высоты составных балок

Определение высоты главной балки выполняется с соблюдением трех условий:

- наименьшего расхода металла;
- требуемой жесткости конструкции;
- заданной строительной высоты перекрытия.



Высота балок, выбор высоты составных балок

1. Экономичность сечения достигается оптимальным соотношением между высотой балки и толщиной стенки, поэтому задаваясь толщиной стенки балки, можно определить оптимальную высоту сварной балки.

Оптимальная высота главной балки из условия экономии стали определяется по формуле, см:

$$h_{opt} = k \times \sqrt{\frac{W_{pl}}{t_w}};$$

где W_{pl} - момент сопротивления сечения главной балки с учетом возникновения возможных пластических деформаций, см^3;

k – коэффициент, зависящий от конструктивного оформления балки, k=1,2-1,15 для сварных балок; k=1,2-1,25 для балок с фрикционными соединениями;

t_w – толщина стенки балки составного сечения, предварительно принимаемая по эмпирической формуле или по таблице 1, см.

Рациональное значение толщины стенки балки для балок высотой до 2 м может быть определено по эмпирической формуле:

$$t_w = 7 + 3h;$$

где t_w – толщина стенки балки составного сечения, мм;

h – высота балки, принимаемая из условия $h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{12}\right) \times L$, м;

L - расчетный пролет главной балки, равный расстоянию между осями балочной клетки в продольном направлении, м.

Высота балок, выбор высоты составных балок

2. Минимальная высота балки обеспечивает необходимую жесткость конструкции при полном использовании несущей способности материала. Для балок, рассчитываемых с учетом упругопластической работы, минимальная высота балки определяется по формуле, см:

$$h_{min} = \frac{5}{24} \times \frac{c_x \times R_y \times L^2}{E} \times \left[\frac{l}{f}\right] \times \frac{q_n}{q};$$

где c_x = 1,1 – коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций;

R_y – расчетное сопротивление стали главной балки, принимаемое по таблице В.5 СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» или по таблице 3 Приложения Б, кН/см^2;

L - расчетный пролет главной балки, равный расстоянию между осями балочной клетки в продольном направлении, см;

E – модуль упругости стали, $\boldsymbol{E}$=2,06*10^4 кН/см^2;

$\left[\frac{f_u}{l}\right]$ – относительный предельно допустимый прогиб конструкции, принимаемый в соответствии с требованиями главы 15 и приложения Е СП 20.13330.2012 «Нагрузки и воздействия»;

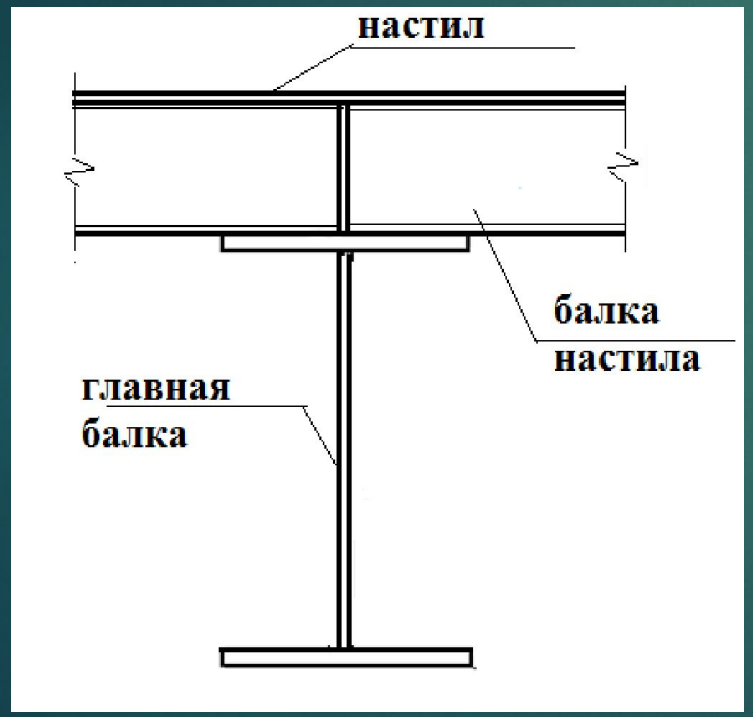
q^n – погонная нормативная равномерно распределенная нагрузка на единицу длины главной балки, кН/м;

q – погонная расчетная равномерно распределенная нагрузка на единицу длины главной балки, кН/м.

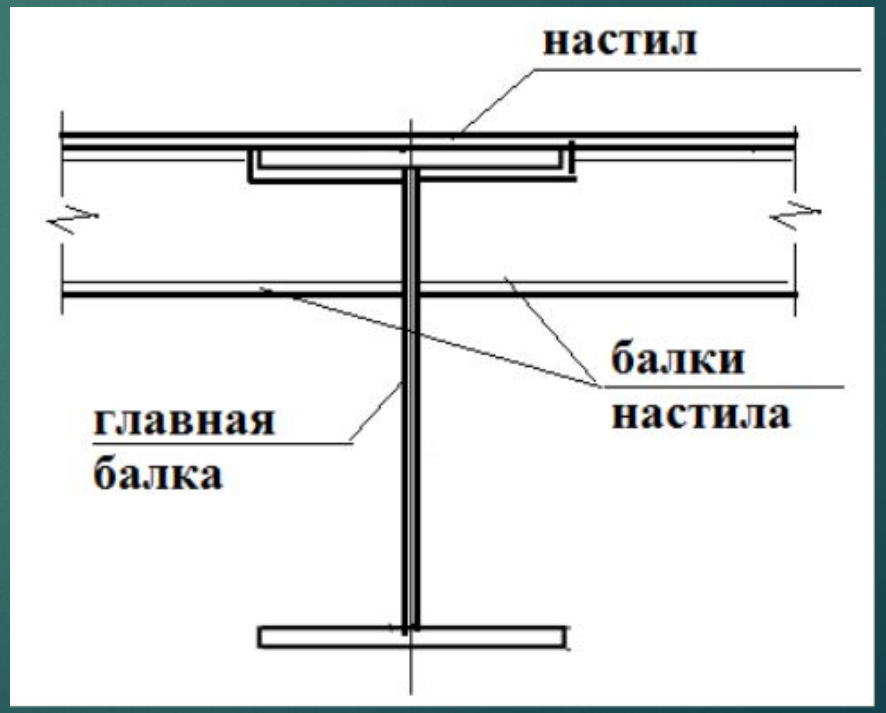
Высота балок, выбор высоты составных балок

Строительную высоту главной балки рассчитываем исходя из максимально возможной высоты перекрытия и вида опирания балок настила.

Опирание балок настила можно предусматривать поэтажное или в одном уровне. При поэтажном опирании балок учитывается толщина настила и высота балки настила, при опирании в одном уровне – только толщина настила.



Поэтажное опирание балок перекрытия



Опирание балок в одном уровне

Высота балок, выбор высоты составных балок

- Возможная строительная высота главной балки при поэтажном опирании балок будет равна:

$$h_{\text{стр}}^{\text{возм}} = h_{\text{стр}} - t_n - h_{bn}\,;$$

где $h_{\text{стр}}$ – строительная высота перекрытия по заданию, см;

t_n – принятая толщина настила, см;

h_{bn} - высота балок настила по принятому варианту балочной клетки, см.

Возможная строительная высота главной балки при опирании балок в одном уровне будет равна, см:

$$h_{\text{стр}}^{\text{возм}} = h_{\text{стр}} - t_n$$

Высота балок, выбор высоты составных балок

- Назначаем высоту сечения главной балки из условия экономии стали, максимально допустимого прогиба и строительной высоты перекрытия. Принимаем высоту главной балки с учетом условий:

$$h \leq h_{\text{стр}}^{\text{возм}};$$

$$h \approx h_{opt};$$

$$h \geq h_{min}.$$

Высота главной балки включает высоту стенки балки и толщину ее поясов, см:

h=h_w+2t_f;

где h_w - высота стенки балки, принимаемая в соответствии с ГОСТ 19903-74* по таблице 1 , см.

t_f - толщина пояса главной балки, принимаемая предварительно 20, 22, 25 мм в соответствии с ГОСТ 82-70*.