

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Архитектурно-строительный факультет

Кафедра строительных материалов и конструкций

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению курсовой работы
для студентов специальности
08.05.01 Строительство уникальных
зданий и сооружений

Краснодар
КубГАУ
2019

Составитель: С. А. Паниева

Металлические конструкции: метод. рекомендации / сост. С. А. Паниева. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 26 с.

В методических рекомендациях изложены основные позиции для выполнения курсовой работы, предназначенных для закрепления компетенций, полученных при изучении дисциплины «Металлические конструкции».

Предназначены для студентов специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений по специализации «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений».

Рассмотрено и одобрено методической комиссией архитектурно-строительного факультета Кубанского государственного аграрного университета, протокол № 3 от 22.11.2019.

Председатель
методической комиссии



А. М. Блягоз

- © Паниева С. А.
составление, 2019
- © ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилына», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Металлические конструкции» является изучение основ проектирования, изготовления, монтажа, усиления металлических конструкций зданий и сооружений, а также подготовка студентов к профессиональной деятельности в области проектирования металлических конструкций.

Задачи – развитие навыков проектирования и расчетов металлических конструкций, а также сварных соединений, применяемых в строительстве; понимание принципов работы металлических конструкций, технологии их строительства, ремонта и реконструкции.

1 КУРСОВАЯ РАБОТА

Курсовая работа является проверкой знаний, практических графических умений и навыков, полученных в процессе аудиторного и самостоятельного изучения определенных тем дисциплины. Курсовая работа выполняется в виде отчета с расчетами с приложением необходимых расчетных схем и чертежей.

Вариант типового задания на разработку курсовой работы:

Исходные данные

1. Шаг колонн в продольном направлении , А (м):13; 14; 15; 16; 18; 20.
2. Шаг колонн в поперечном направлении , Б (м):4.5; 5.0; 5.5; 6.0; 6.5.
3. Габариты площадки в плане : 3 А х 3 В.
4. Отметка верха настила , (м): 7.0; 7.5; 8.0; 8.5; 9.0; 10.0
5. Строительная высота перекрытия (м): 1.6; 1.8; 2.2; 2.4.
6. Временная равномерно распределенная нагрузка, Кн/м²:18.0; 20.0; 22.0; 24.0; 26.0; 28.0; 30.0; 32.0
7. Материал конструкций :настил стальной , балки настила и вспомогательные балки – С255; С275; С285; главная балка – С345;С285;С375
8. Фундамент-бетон класс прочности: В10;В 15
9. Допустимый относительный прогиб настила 1/150; 1/200
10. Тип сечения колонны : сплошная, сквозная

При выполнении вычислений необходимо строго следить за правильной размерностью величин, где геометрические характеристики сечений и размеры в расчетные формулы следует проставлять в см, м, величины напряжений σ и τ , расчетное сопротивление – R , а также модуль упругости стали – E в кН/см², нагрузки – кН/м², кН/см, кН/м. Для перехода размерностей учитывать, что 10 Мпа = 1 кН/см² = 10⁴кН/м² (1 кН=100 кг, 1 м² = 10000 см², 1 см² = 10⁻⁴ м²).

В расчетах коэффициент условия работы во всех случаях принимать равным $\gamma_c = 1$, кроме проверки общей устойчивости балки, когда следует принимать $\gamma_c = 0,95$. Коэффициенты для расчета сварных соединений принимать $\gamma_{wf} = \gamma_{wz} = 1$.

Образец оформления расчетно-графической работы с примером расчета даны в приложении А методических указаний.

Необходимый для расчетов справочно-нормативный материал находится в приложениях Б и В методических указаний.

Критерии оценки, шкала оценивания курсовой работы:

Оценка «отлично» выставляется при условии, что студент справился с заданием в полном объеме за установленное время без ошибок или с минимальным количеством ошибок. Выполнены все методические указания по данной теме.

Оценка «хорошо» выставляется при условии выполнения не менее 75% задания, содержащие отдельные легко исправимые недостатки второстепенного характера. Выполнены все методические указания по теме.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии выполнении не менее 50% задания, имеются негрубые ошибки. Методические указания по данной теме выполнены частично. Низкое качество графического выполнения и оформления отчета, схем и чертежей.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при условии отсутствия или неверного выполнения задания. Методические указания по данной теме не выполнены. Низкое качество графического выполнения и оформления отчета, схем и чертежей.

2 БАЛОЧНЫЕ КЛЕТКИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Балочными клетками называют систему перекрестных балок, расположенных обычно во взаимно перпендикулярных направлениях, образующую покрытие или перекрытие. Самым верхним элементом балочной клетки является настил, который может быть стальным или железобетонным. Основными несущими элементами балочных клеток являются балки – простейшие конструктивные элементы, работающие на изгиб. Распространенным типом сечения данных балок является двутавровое симметричное сечение. Балки бывают прокатные, выпускаемые в готовом виде, согласно существующим сортаментам на прокатную сталь, и составные сварные или клепанные. Следует стремиться к применению прокатных балок как менее трудоемких. Однако, вследствие ограниченности сортамента мощные балки приходится проектировать составными, большей частью сварными, состоящими из трех элементов – одной вертикальной стенки и двух горизонтальных полок или поясов, приваренных к стенке в заводских условиях автоматической сваркой рисунок 2.1.

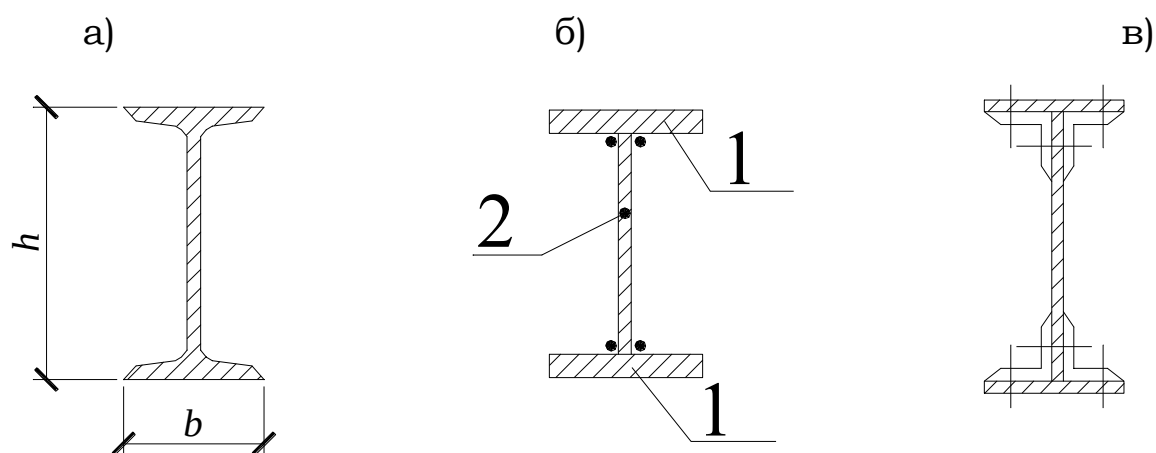


Рисунок 2.1 – Виды балок

а) прокатная; б) сварная составная; в) клепанная составная
1 – верхняя и нижняя полки; 2 – стенка балки

В балочных клетках преимущественно применяются разрезные балки. В строительстве известны два основных типа балочных клеток – нормальный и усложненный, представленных на рисунках 2.2; 2.3; 2.4; 2.5. Балочные клетки показаны в плане без верхнего слоя – стального настила.

В нормальном типе балочной клетки см. рисунки 2.2; 2.3, нагрузка от настила передается на балки настила Б2, которые в свою очередь опираются на главные балки Б1, а те, соответственно, на колонны К1.

В усложненной балочной клетке см. рисунки 2.4; 2.5 вводят еще дополнительные вспомогательные балки Б3, расположенные перпендикулярно главным балкам Б1 и на которые опираются балки настила Б2 и настил. Усложненный тип балочной клетки чаще применяется при больших нагрузках и пролетах.

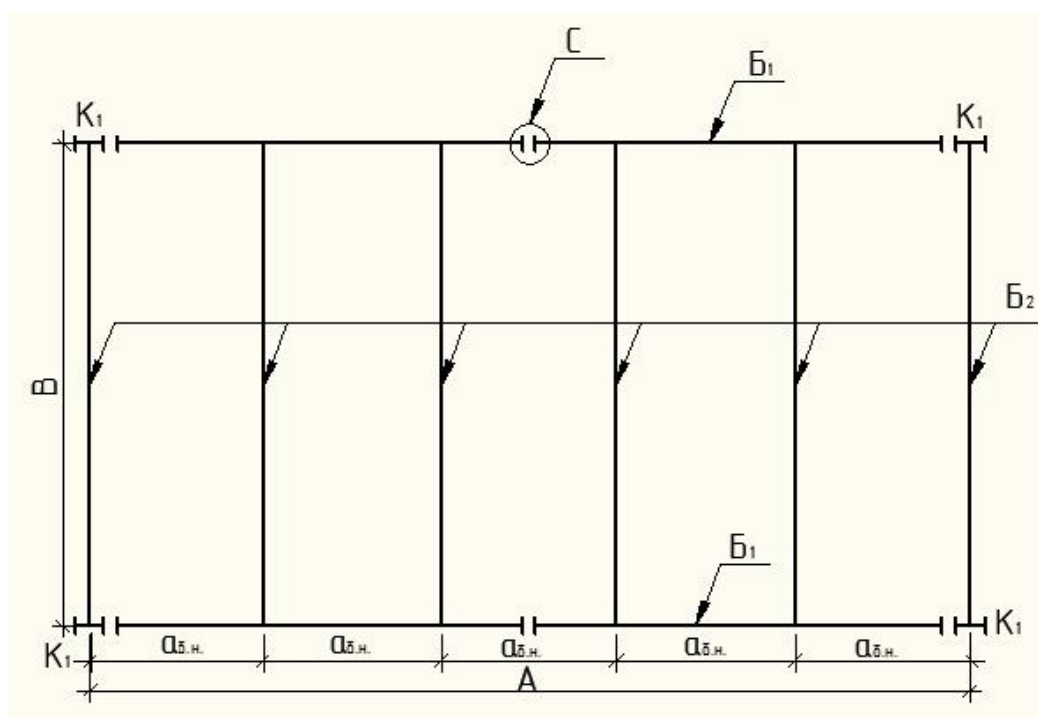


Рисунок 2.2 – Нормальный тип балочной клетки

Число шагов балок настила нечетное ($n = 1, 3, 5, 7 \dots$)
 К1 – колонна; Б1 – главная балка; Б2 – балка настила;
 С – укрупнительный стык главной балки

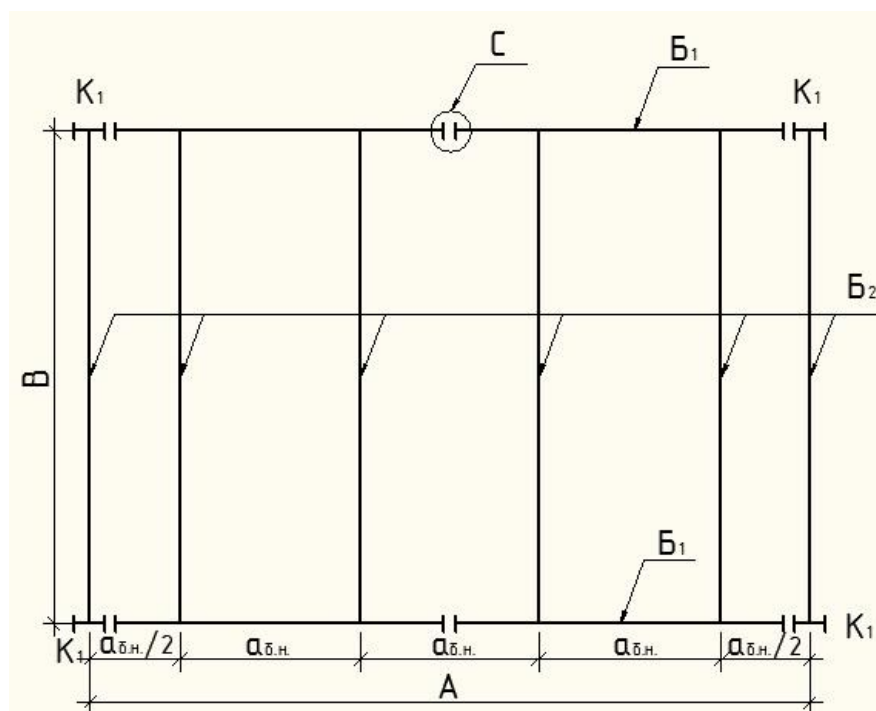


Рисунок 2.3 – Нормальный тип балочной клетки

Число шагов балок настила четное ($n = 2; 4; 6; 8 \dots$)

K1 – колонна; Б1 – главная балка; Б2 – балка настила;

С – укрупнительный стык главной балки

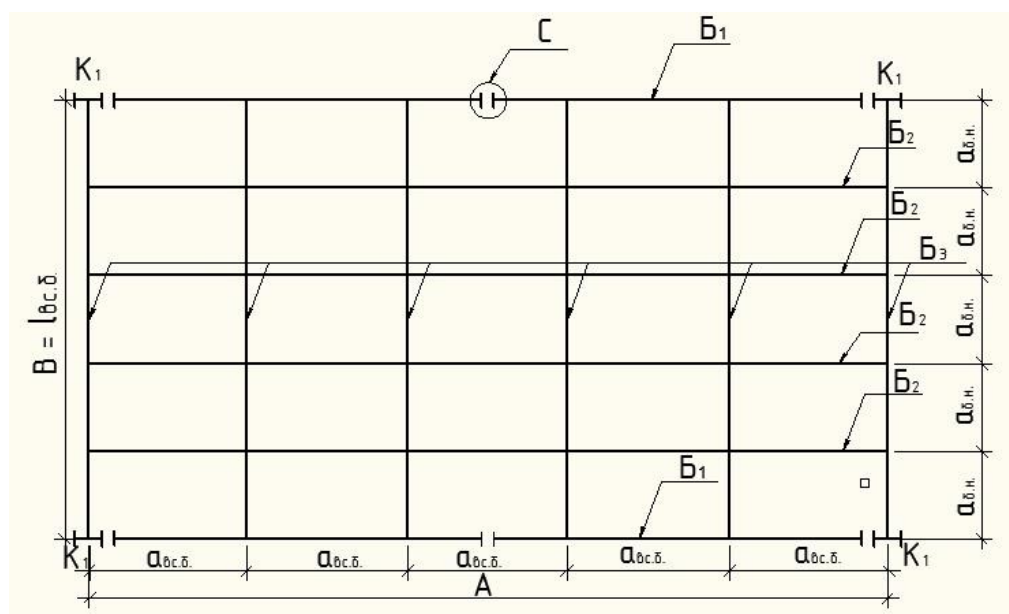


Рисунок 2.4 – Усложненный тип балочной клетки

Число шагов балок настила нечетное ($n = 1, 3, 5, 7 \dots$)

K1 – колонна; Б1 – главная балка; Б2 – балка настила;

Б3 – вспомогательная балка;

С – укрупнительный стык главной балки

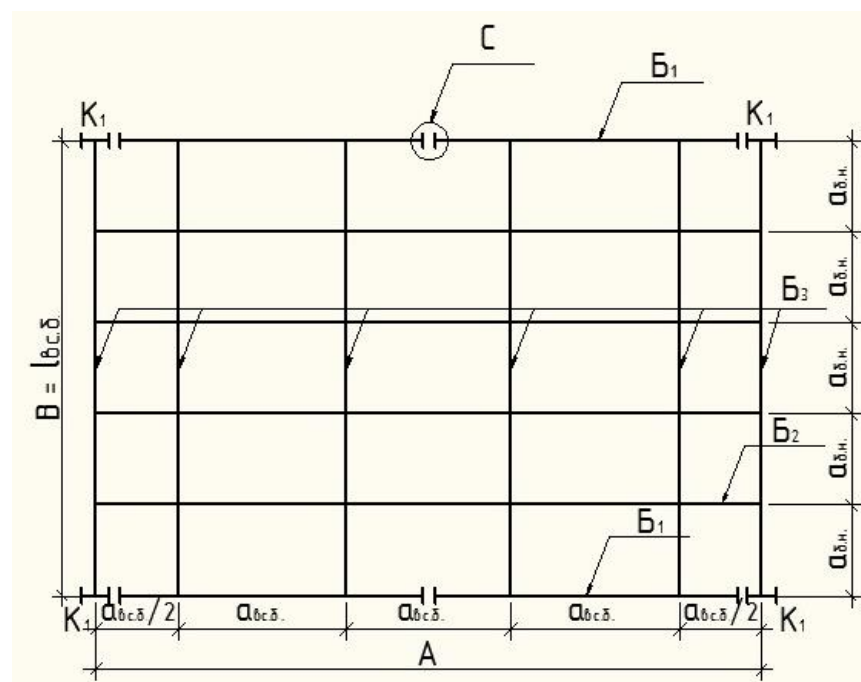


Рисунок 2.5 – Усложненный тип балочной клетки

Число шагов балок настила четное ($n = 2; 4; 6; 8 \dots$)

K1 – колонна; B1 – главная балка; B2 – балка настила;

B3 – вспомогательная балка;

C – укрупнительный стык главной балки

В балочных клетках нормального и усложненного типов балки настила и вспомогательные балки проектируют прокатными. Шаг балок настила принимают в пределах аб.н. = 0,6 – 1,6 м при стальном настиле и аб.н. = 2 – 3,5 м при железобетонном настиле. Расстояние между вспомогательными балками назначают в пределах авс.б. = 2 – 5 м. Шаг балок настила аб.н. в нормальном типе балочной клетки и шаг вспомогательных балок в усложненном типе балочной клетки должны быть кратны пролету главной балки. При этом необходимо располагать балки B2 и B3 так, чтобы они не опирались на середину главной балки B1, где предусмотрен в этом месте ее укрупнительный стык см. рисунки 2.2; 2.3; 2.4; 2.5.

Выбор типа балочной клетки основан на технико-экономическом сравнении вышеуказанных вариантов со стальным настилом, где оптимальный вариант выбирается по расходу металла в кг на 1 м² площадки.

В балочных клетках нормального и усложненного типов характерны следующие виды сопряжений балок по высоте: этажное, в одном уровне и пониженное рисунок 2.6.

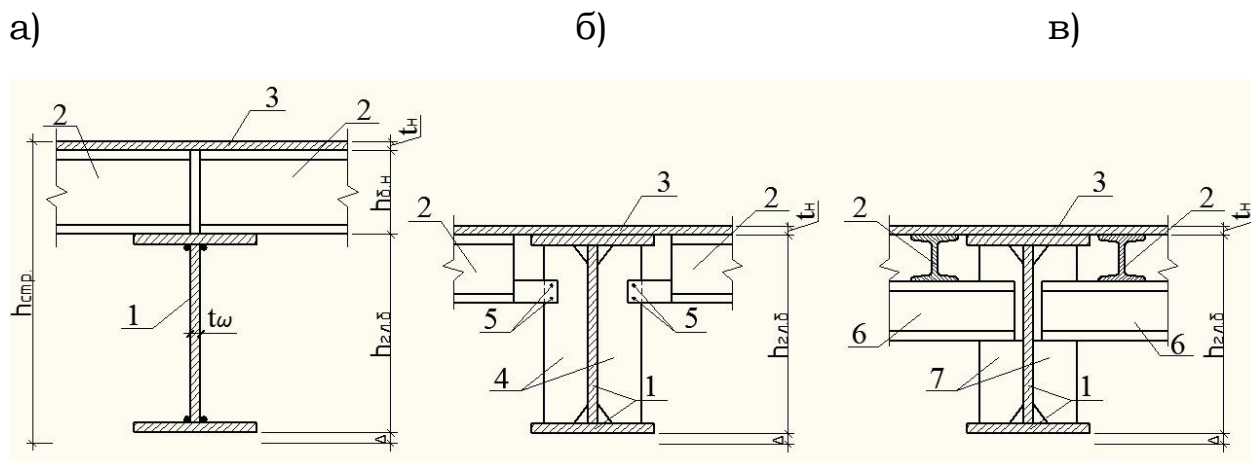


Рисунок 2.6 – Схемы сопряжения балок по высоте

- а) этажное; б) в одном уровне; в) пониженное
 1 – главная балка; 2 – балка настила; 3– настил;
 4 – ребра жесткости главной балки;
 5 – болты $\varnothing 16$ нормальной точности, отверстия $\varnothing 19$;
 6 – вспомогательная балка; 7 - опорные столики

Этажное сопряжение наиболее простое и удобное в монтажном отношении, где балки настила Б2, поддерживающие настил, поэтажно сверху опираются на главные балки Б1. Однако, в данном сопряжении есть и недостаток – большая строительная высота – $h_{стр}$. Сопряжения балок в одном уровне характерно тем, что балки настила Б2 примыкают к главным балкам Б1 и крепятся к их ребрам жесткости на болтах. При этом верхние полки балки настила Б2 и главной балки Б1 находятся на одном горизонтальном уровне. Достоинство данного сопряжения – уменьшенная строительная высота $h_{стр}$., но при этом значительно возрастает трудоемкость изготовления сопряжения. Этажное сопряжение балок и сопряжение в один уровень характерны только для нормального типа балочной клетки. Пониженное сопряже-

ние балок по высоте применяется только в усложненном типе балочных клеток, где вспомогательные балки Б3 примыкают к главным балкам Б1 ниже уровня верхней полки и уже на них поэтажно опирают балки настила Б2 так, чтобы верхние полки Б2 и Б1 находились на одном горизонтальном уровне. Опираются вспомогательные балки Б3 на опорные столики, закрепленные к нижней полке главной балки.

3 РАСЧЕТ СТАЛЬНОГО НАСТИЛА

В балочных клетках принимают два вида настила, стальной или железобетонный. Стальной при толщине листа 6 – 14 мм и железобетонный от 10 до 18 см.

В настоящих методических указаниях рассмотрены балочные клетки только со стальным настилом с полезной нагрузкой перекрытия до 40 кН/м² и предельным

относительным прогибом не более $\left[\frac{f}{\ell} \right] \leq \frac{1}{150}$. Расстояние между балками настила (пролет настила – ℓ_n), поддерживающими стальной настил, определяется его несущей способностью и жесткостью. Толщину стального настила выбирают в зависимости от величины, временной равномерно распределенной нагрузки – p^n по следующим соотношениям:

$$t_n = 6 - 8 \text{ мм при } p^n \leq 10 \text{ кН/м}^2; \quad (3.1)$$

$$t_n = 8 - 10 \text{ мм при } 11 < p^n \leq 20 \text{ кН/м}^2; \quad (3.2)$$

$$t_n = 10 - 12 \text{ мм при } 21 < p^n \leq 30 \text{ кН/м}^2; \quad (3.3)$$

$$t_n = 12 - 14 \text{ мм при } p^n > 30 \text{ кН/м}^2. \quad (3.4)$$

Стальной настил жестко приваривают к верхним полкам балок настила, что вызывает в нем при действии нагрузки растягивающие усилия – H_n . Для запаса жесткости в расчетной схеме настила принимают шарнирную схему опирания как показано на рисунке 3.1.

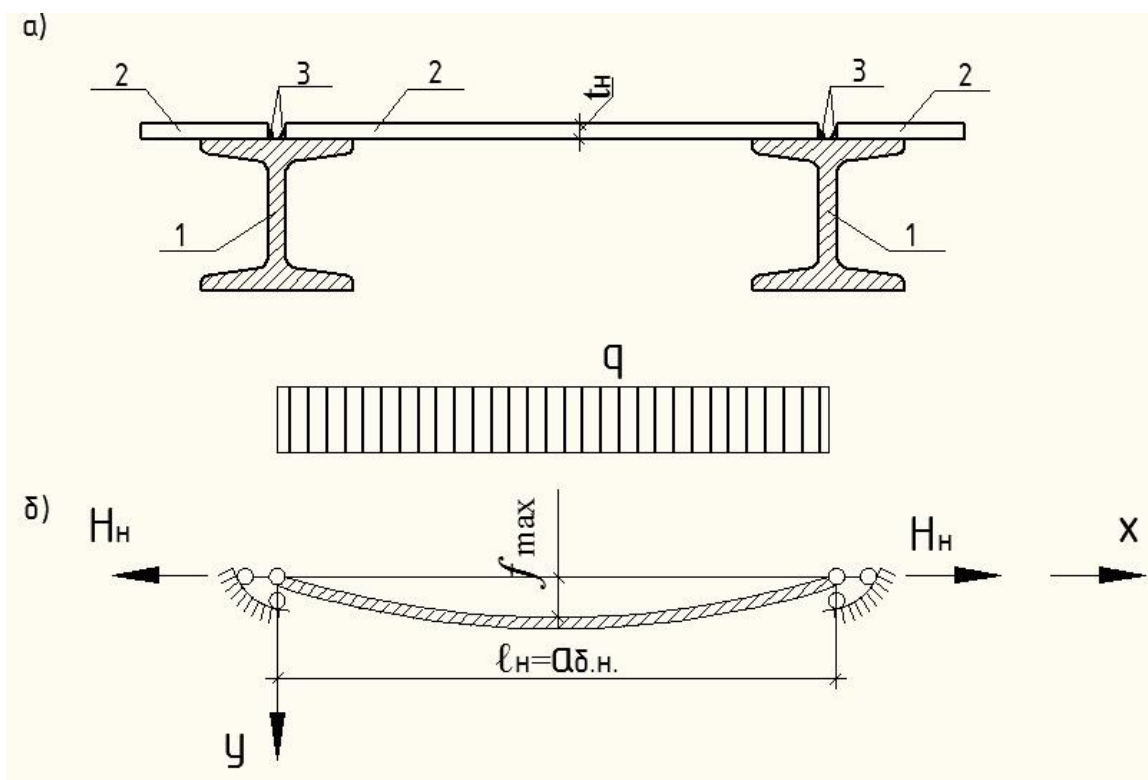


Рисунок 3.1 – К расчету стального настила
 а) опирание настила на балки настила Б2;
 б) расчетная схема настила
 1 – балки настила; 2 – стальной настил;
 3 – сварные угловые швы крепления настила 2
 к балкам настила 1

Расчет стального настила сводится к определению пролета настила $-\ell_n$, равного шагу балок настила Б2 – $a_{б.н.}$ и высоты сварного углового шва K_f , крепящего настил к балкам настила. Для этого определяют искомое отношение пролета настила $-\ell_n$ к его толщине $-t_n$ по формуле А.А.Телояна

$$\frac{\ell_n}{t_n} = \frac{4n_o}{15} \left(1 + \frac{72E_1}{n_o^4 \cdot p^n} \right), \quad (3.5)$$

где $n_o = \left[\frac{\ell_n}{f_n} \right] = 150$ – заданное отношение пролета настила ℓ_n к его предельному прогибу;

$E_1 = \frac{E}{1-\nu^2}$ – цилиндрический модуль упругости;

$E = 2,06 \cdot 10^4$ кН/см² – модуль упругости стали.

p^n – нормативная временная нагрузка на настил по заданию;

$\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона.

Подставив в полученное искоемое отношение $\frac{\ell_n}{t_n}$ принятое значение t_n получим пролет настила $l_n = a'_{\sigma.n.}$.

Силу распора H_n , необходимую для проверки сварных угловых швов, крепящих настил к балкам настила, определяют по формуле

$$H_n = \gamma_f \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot \left[\frac{f_n}{\ell_n} \right]^2 \cdot E_1 \cdot t_n \text{ (кН/см)}, \quad (3.6)$$

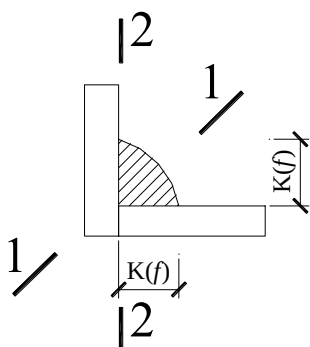
где $\gamma_f = 1,2$ – коэффициент надежности по нагрузке;

$\pi = 3,14$

Для расчета сварных угловых швов первоначально определяют расчетные сопротивления для двух случаев расчета:

случай 1 – по сечению 1-1 – по основному металлу сварного шва – R_{wf} , (таблица В4 приложения В

случай 2 – по сечению 2-2 – по металлу на границе сплавления – R_{wz} ,



$$R_{wf} = 0,55 \cdot \frac{R_{wun}}{\gamma_{wm}}, \quad (3.7)$$

$$R_{wz} = 0.45 R_{un}, \quad (3.8)$$

Рисунок 3.2 – К расчету угловых швов

где R_{un} – нормативное сопротивление по временному сопротивлению (таблица В1 приложения В) , выбираемое по заданной марке стали.

Далее принимают вид сварки – автоматическая, полуавтоматическая или ручная, и определяют значения коэффициентов видов сварки: по основному металлу сварного шва – β_f , по металлу на границе сплавления – β_z (таблица В5 приложения В). Рассматривая произведения R_{wf} х β_f и R_{wz} х β_z , выбирают минимальное, которое и определит случай расчета сварного шва (первый или второй).

Расчетное значение катета углового шва K_f , прикрепляющего настил к балкам настила находят по формулам:

$$K_f = \frac{H_n}{\beta_f \cdot \ell_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} \text{ (первый случай),} \quad 3.9$$

или

$$K_f = \frac{H}{\beta_z \cdot \ell_w \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c} \text{ (второй случай),} \quad 3.10$$

где ℓ_w – расчетная длина сварного шва;

$\ell_w = 1$ см;

коэффициенты $\gamma_{wf} = \gamma_{wz} = \gamma_c = 1$.

При этом следует соблюдать следующие конструктивные требования к сварным соединениям элементов стальных конструкций:

- катет угловых швов - K_f должен быть не < 4 мм и не более 1,2 меньшей из толщин свариваемых элементов;
- расчетную длину сварного углового шва принимать не менее $4 K_f$ и не менее 40 мм.

4 ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ

Рассмотрим два варианта балочной клетки со стальным настилом – нормальный тип и усложненный.

Первый вариант. Нормальный тип балочной клетки рисунок 4.1.

При компоновке балочной клетки количество балок настила должно быть не менее 5, т.к. нагрузка должна быть равномерно-распределенной.

Расчет данного типа балочной клетки сводится к расчету прокатной балки Б2 – балки настила. Расчет ведут в следующей последовательности.

Полученный из расчета настила шаг балок настила $a'_{б.н.} = \ell_n$ уточняют, так как он должен быть кратен пролету главной балки – L . Для этой цели по пролету L находят число шагов балки настила

$$n_{б.н.} = \frac{L}{a'_{б.н.}}, \quad (4.1)$$

округляют до целого числа – $n'_{б.н.}$ и определяют окончательный шаг балок настила

$$a_{б.н.} = \frac{L}{n'_{б.н.}} \text{ (см)}. \quad (4.2)$$

Определяют вес настила, или значение нормативной постоянной нагрузки – g_n^H .

$$g_n^H = t_n \cdot \gamma_{ст.} \text{ (кН/м}^2\text{)}, \quad (4.3)$$

где $\gamma_{ст.} = 7850 \text{ кг/м}^3 = 78,5 \text{ кН/м}^3$ – объемный вес стали.

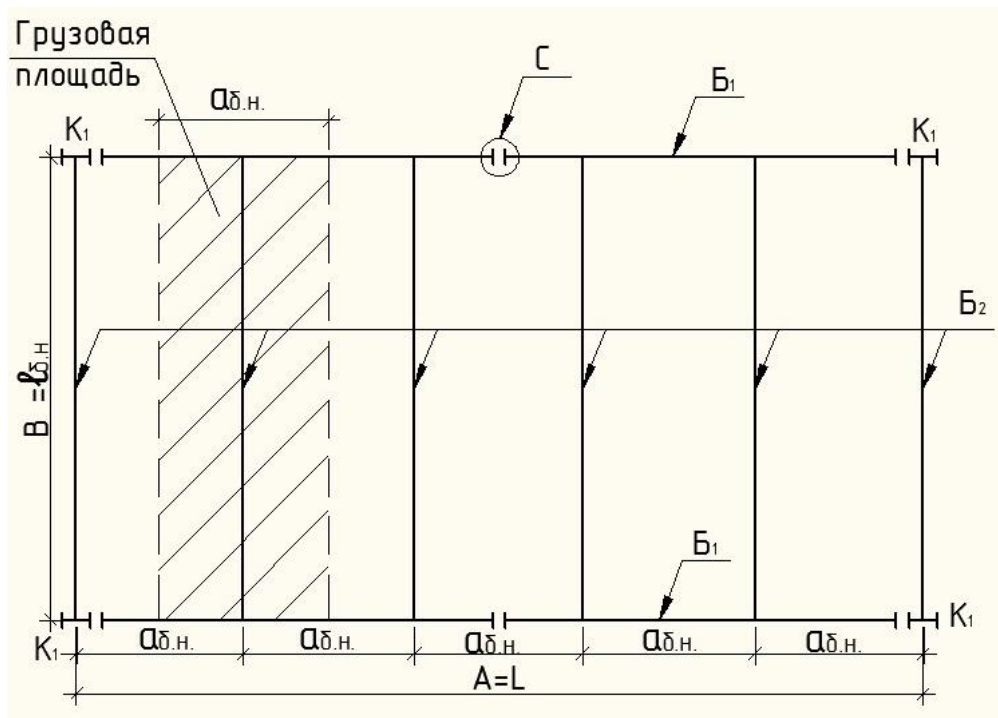


Рисунок 4.1 – Нормальный тип балочной клетки

Нормативная погонная нагрузка на балку настила составит

$$g_{б.н.}^H = 1.02 \cdot (p^H + g_n^H) \cdot a_{б.н.} \text{ (кН/м)}, \quad (4.4)$$

где $a_{б.н.}$ – шаг балок настила (грузовая площадь);
 p^H – заданная нормативная временная нагрузка;
 1,02 – коэффициент учета собственного веса балки.

Расчетная погонная нагрузка на балку настила

$$g_{б.н.}^P = 1.02 \cdot (p^H \cdot \gamma_{fp} + g_n^H \cdot \gamma_{fg}) \cdot a_{б.н.} \text{ (кН/м)}, \quad (4.5)$$

где $\gamma_{fp} = 1,2$ и $\gamma_{fg} = 1,05$, соответственно, коэффициенты надежности по нагрузке для временной и постоянной нагрузок.

Изгибающий момент в балке настила от действующей нагрузки

$$M_{\max} = \frac{g_{б.н.}^P \cdot \ell_{б.н.}^2}{8} \text{ (кН} \cdot \text{м, 100 кН} \cdot \text{см)}. \quad (4.6)$$

Требуемый момент сопротивления определяют с учетом развития пластических деформаций – коэффициент $C_1 = 1,1$

$$W_{Tp} = \frac{M_{\max}}{C_1 \cdot R_y} \text{ (см}^3\text{)}, \quad (4.7)$$

где R_y – расчетное сопротивление стали, определяемое по марке стали согласно задания (приложение В таблица В1).

По сортаменту на прокатный двутавровый профиль (приложение В таблица В22) по W_{Tp} определяют ближайший номер двутавра и выписывают необходимые его характеристики – W_x , I_x и вес 1 погонного метра балки – $g_{б.н.}^{н.м}$. При выборе номера двутавра необходимо соблюдать условие, чтобы $W_x \geq W_{Tp}$.

Проверяют прогиб балки (расчет по 2-му предельному состоянию)

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{б.н.}^H \cdot \ell_{б.н.}^4}{E \cdot I_x} \leq \frac{1}{250} \cdot \ell_{б.н.} \text{ (см)}, \quad (4.8)$$

где $E = 2,06 \cdot 10^4$ кН/см² – модуль упругости стали.

Если условие не выполняется, т.е. $f \geq \frac{1}{250} \cdot \ell_{б.н.}$, то выбирают следующий номер двутавра.

Расход металла на 1 м² балочной площади складывается из расхода металла на стальной настил – $P_1 = t_n \cdot \gamma_{ст}$ (кг/м²) и на балку настила – $P_2 = \frac{g_{б.н.}^{н.м}}{a_{б.н.}}$ (кг/м²). Общий расход металла в кг на балочную клетку нормального типа составит

$$P_{общ.1} = P_1 + P_2 \text{ (кг/м}^2\text{)}. \quad (4.9)$$

Второй вариант. Усложненный тип балочной клетки рисунок 4.2.

Расчет усложненного типа балочной клетки сводится к расчету прокатных балок – балок настила и вспомогательных балок. Шаг вспомогательных балок принимают конструктивно $a_{вс.б.} = 2-5$ м кратно пролету главной балки. При этом схема расположения вспомогательных балок должна быть таковой, чтобы они не примыкали к главной балке в ее середине, где должен находиться укрупнительный стык (т.е. при выборе схемы балочной клетки учитывать четное или нечетное число шагов этих балок см. рисунки 2.4, 2.5).

Расчет балок настила в данном варианте балочной клетки полностью аналогичен расчету таких балок в нормальном типе балочной клетки. Принимают тот же стальной настил – t_n и, первоначально, тот же предварительный шаг балок настила – $a'_{б.н.}$, который должен быть кратным уже пролету вспомогательной балки – $\ell_{вс.б.}$.

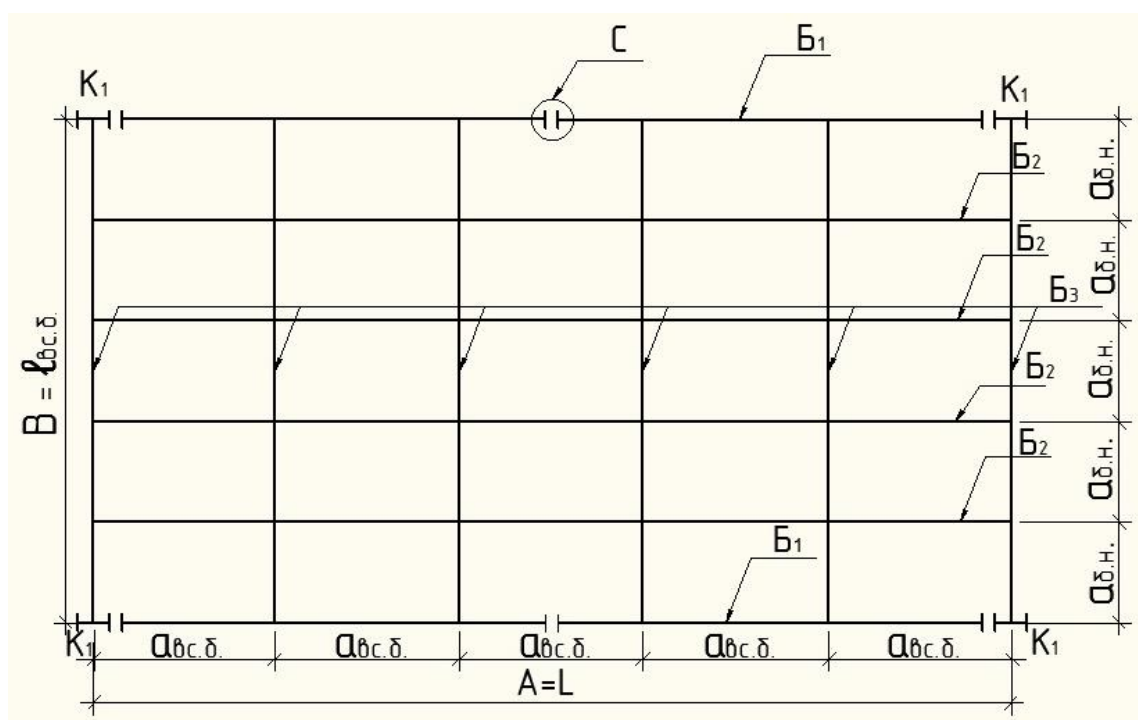


Рисунок 4.2 – Усложненный тип балочной клетки
(нечетное число шагов)

В этих целях для уточнения шага балок настила $a_{б.н.}$ определяют число шагов балок настила и округляют до целого числа $n'_{б.н.}$

$$n_{б.н.} = \frac{\ell_{вс.б.}(B)}{a'_{б.н.}}. \quad (4.10)$$

Принимают число балок настила более 5 для учета их равномерно распределенной нагрузки на вспомогательные балки.

Уточненный шаг настила

$$a_{б.н.} = \frac{\ell_{вс.б.}(B)}{n_{б.н.}} \text{ (м)}. \quad (4.11)$$

Все остальные этапы расчета балки настила выполняют по формулам 4.3; 4.4; 4.5; 4.6.; 4.7.

По сортаменту на прокатный двутавровый профиль (приложение В таблица В22) по W_{Tp} определяют ближайший номер двутавра и выписывают необходимые его характеристики – W_x , I_x и вес 1 погонного метра балки – $g_{б.н.}^{н.м.}$.

Проверяют прогиб балки по формуле (4.8).

Далее рассчитывают вспомогательные балки. Принимают шаг вспомогательных балок $a_{вс.б.} = 2 - 5$ м так, чтобы число шагов $n_{вс.б.}$ было целым.

Затем определяют погонную нормативную и расчетную нагрузки

$$g_{вс.б.}^H = 1.02 \cdot \left[p^H + \left(g_H^H + \frac{g_{б.н.}^{н.м.}}{a_{б.н.}} \right) \right] \cdot a_{вс.б.} \text{ (кН/м)}; \quad 4.12$$

$$g_{вс.б.}^P = 1.02 \cdot \left[p^H \cdot \gamma_{fp} + \gamma_{fg} \cdot \left(g_H^H + \frac{g_{б.н.}^{н.м.}}{a_{б.н.}} \right) \right] \cdot a_{вс.б.} \text{ (кН/м)}. \quad 4.13$$

Усилие во вспомогательной балке

$$M_{\max} = \frac{g_{\text{вс.б.}}^p \cdot \ell_{\text{вс.б.}}^2}{8} \text{ (кН}\cdot\text{м, 100 кН}\cdot\text{см)}. \quad 4.14$$

Требуемый момент сопротивления с учетом $C_1 = 1,1$.

$$W_{Tp} = \frac{M_{\max}}{C_1 \cdot R_y} \text{ (см}^2\text{)}. \quad 4.15$$

По сортаменту (приложение В таблица В22) выбираем № I, W_x , I_x и $g_{\text{вс.б.}}^{n..м}$.

Прогиб вспомогательной балки

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_{\text{вс.б.}}^n \cdot \ell_{\text{вс.б.}}^4}{E \cdot I_x} \leq \frac{1}{250} \cdot \ell_{\text{вс.б.}} \text{ (см)}. \quad 4.16$$

Расход металла на 1 м² площадки составит:

- от настила – $P_1 = t_n \cdot \gamma_{\text{ст}} \text{ (кг)}$;
- от балки настила – $P_2 = \frac{g_{\text{б.н.}}^{n..м}}{a_{\text{б.н.}}} \text{ (кг/м}^2\text{)}$;
- от вспомогательной балки – $P_3 = \frac{g_{\text{вс.б.}}^{n..м}}{a_{\text{вс.б.}}} \text{ (кг/м}^2\text{)}$.

Общий расход металла

$$P_{\text{общ.2}} = P_1 + P_2 + P_3 \text{ (кг/м}^2\text{)}. \quad 4.17$$

Сравнивая расход металла в кг по формулам (4.9) и (4.17) выбирают окончательно балочную клетку с минимальным расходом металла.

5 УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Инженерные конструкции, Ю.М. Дукарский, учебн., М. КолосС, 2008г., 364с.
2. Теличенко В.И., Гныря А.И., Бояринцев А.П., Учебник «Технология возведения высотных, большепролетных, специальных зданий и сооружений», Издательство АСВ, 2016 г., 744 стр.
3. Паниева С.Л. Задание и методические указания по выполнению курсового проекта «Расчет и конструирование каркаса промышленного здания». Краснодар, КГАУ, 2017.
4. Металлические конструкции. Элементы конструкций. Учебник под редакцией Горина В.В. – М.: Высш. шк. 2011.

Дополнительная

1. Горев В.В. (ред.) «Металлические конструкции». В 3 т. Учебник Т.1: Элементы конструкций/Под ред. В.В. Горева. - 2-е изд., переработанное и дополненное. М.: Изд. АСВ., 2011.
2. Расчет и проектирование металлических конструкций [Электронный ресурс] : сборник докладов научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Е.И. Белени «Расчет и проектирование металлических конструкций» / А. В. Алексейцев, В. Ю. Алпатов, Д. Ю. Кареев [и др.] ; под ред. А. Р. Туснин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 258 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23738.html>
3. Колотов, О. В. Металлические конструкции [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Колотов. — Электрон. текстовые данные. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. — 100 с. —

2227-8397. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/16014.html>

4. МО, Металлические конструкции, учебн., в 3-х томах, том 3: специальные конструкции под редакцией В.В. Горева, М. Высш.шк., 2012г., 544с.

5. Металлические конструкции. Элементы конструкций. Учебник под редакцией Горина В.В. – М.: Высш. шк. 2011.

6. Парлашкевич, В. С. Сварка строительных металлических конструкций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. С. Парлашкевич, В. А. Белов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 112 с. — 978-5-7264-0569-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16336.html>

7. Белов, В. А. Моделирование и расчёт металлических конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс] : монография / В. А. Белов, К. Круль. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 160 с. — 978-5-7264-0643-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20012.html>

8. Белов, В. А. Несущая способность сварных соединений с фланговыми швами в строительных металлических конструкциях [Электронный ресурс] / В. А. Белов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 136 с. — 978-5-7264-0612-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20015.html>

9. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. И. Жарский, Н. П. Иванова, Д. В. Куис, Н. А. Сви-дунович. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Вышэйшая школа, 2012. — 303 с. — 978-985-06-2029-3.

— Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/20220.html>

10. Парлашкевич, В. С. Проектирование и расчет металлических конструкций рабочих площадок [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. С. Парлашкевич, А. А. Василькин, О. Е. Булатов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 168 с. — 978-5-7264-0794-4. — Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/23736.html>

11. Парлашкевич, В. С. Металлические конструкции, включая сварку. Часть 1. Производство, свойства и работа строительных сталей [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. С. Парлашкевич. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014. — 161 с. — 978-5-7264-0941-2. — Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/27040.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Курсовая работа	4
2 Балочные клетки. Общие сведения	6
3 Расчет стального настила	12
4 Выбор оптимального типа балочной клетки	16
5 Учебная литература.....	22

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

*Методические рекомендации
по выполнению курсовой работы*

Составитель:
Паниева Светлана Леонидовна,

Формат 60 × 84 ¹/₁₆

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13