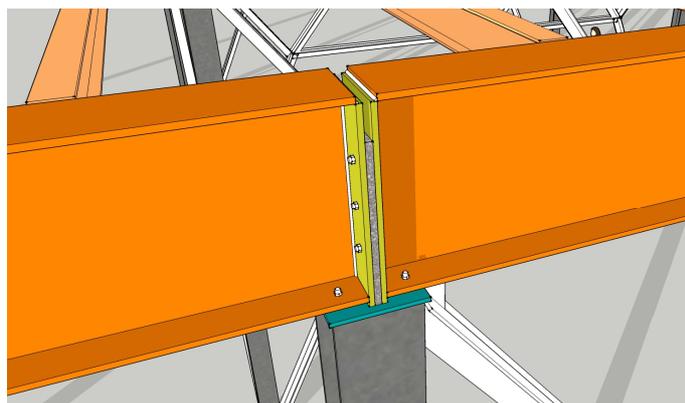
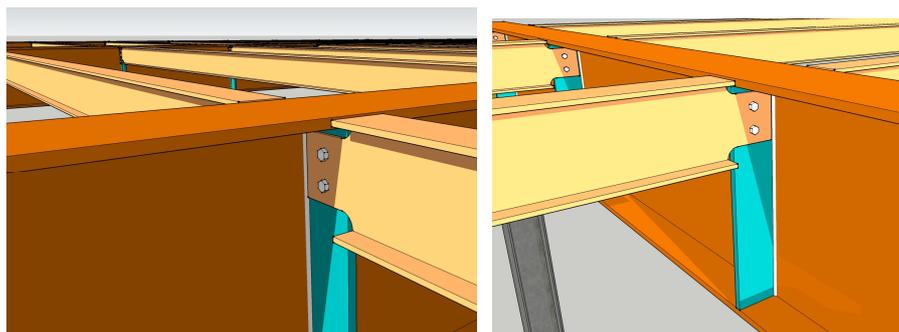


БАЛОЧНАЯ КЛЕТКА

Методические указания к курсовому проекту

по дисциплине «Металлические и деревянные конструкции» для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство» и профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» и «Городское хозяйство и строительство»



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра металлических конструкций и
испытания сооружений

БАЛОЧНАЯ КЛЕТКА

Методические указания
к курсовому проекту по дисциплине
«Металлические и деревянные конструкции»
для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство»
профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» и «Городское
хозяйство и строительство»

Казань
2014

УДК 624.046.2
ББК 38.02
Д88

Д 88 БАЛОЧНАЯ КЛЕТКА Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Металлические и деревянные конструкции» для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство» профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» и «Городское хозяйство и строительство»/
Сост.: Дымолазов М.А. - Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект-строит. ун-та, 2014.- 37 с.: ил.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методических указаниях даны исходные данные для курсового проекта по курсу «Металлические и деревянные конструкции». В проекте рассматривается перекрытие рабочей площадки с использованием стальных конструкций для организации дозирования и фасовки сухих строительных смесей из отдельных ингредиентов. Приведен порядок выполнения проекта, рассмотрены отдельные этапы расчетов и конструирования элементов балочной клетки и основных узлов. Изложение материала сопровождается ссылками на введенные с 2011 года Своды Правил. Методические указания предназначены для студентов направления подготовки «Строительство» профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» и «Городское хозяйство и строительство»

Библиография 10 наименований

Рецензент
кандидат технических наук, доцент
О.И. Ефимов

УДК 624.046.2
ББК 38.02

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2014

© Дымолазов М.А., 2014

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	4
Исходные данные.....	4
Порядок выполнения проекта.....	5
Компоновка балочной клетки.....	6
Требования к компоновке балочной клетки	6
Конструирование крепления стального настила к балкам настила	7
Расчет балок.....	8
Балки настила	8
Главные балки	11
Расчет и конструирование узлов главной балки	11
Конструирование опорного узла главной балки	11
Расчет узла сопряжения балок.....	12
Расчет колонны	14
Расчет стержня сплошной колонны.....	15
Расчет базы колонны.	16
Конструирование оголовка колонны.	18
Оформление графической части курсовой работы	19
Вопросы к защите курсового проекта	20
Литература.....	21
Приложения.....	22
Правила заполнения спецификации	29

Введение

Цель курсового проекта – закрепление навыков расчета стальных конструкций по методу предельных состояний. Расчет включает подбор сечений элементов, конструирование узлов и выполнение проверок предельных состояний [1] характерных для рассматриваемых элементов и узлов.

Задание: запроектировать и рассчитать основные элементы и узлы рабочей площадки для организации технологического процесса дозировки и фасовки сухих строительных смесей из отдельных ингредиентов. На рабочей площадке размещаются бункера с ингредиентами и дозаторы, под рабочей площадкой – фасовочные аппараты.

Рабочая площадка располагается внутри производственного здания и состоит из колонн на которые опирается перекрытие. Перекрытие выполнено из системы балок (такая система называется еще балочной клеткой). По балкам уложен настил из стального листа. Для обеспечения пространственной устойчивости рабочей площадки организуется система связей.

Исходные данные

Исходными данными для курсового проекта являются: продольный шаг колонн L ; поперечный шаг колонн l ; нормативная полезная нагрузка p ; толщина настила t_n ; высота колонн h_k .

Значения указанных параметров принимаются следующим образом. По первым буквам фамилии, имени и отчества студента в соответствии с таблицей 1 принимаются величины продольного шага колонн, поперечного шага колонн и нормативной полезной нагрузки. Размерности принимаемых величин указаны в таблице 1. По двум последним цифрам зачетки в соответствии с таблицей 2 назначаются величины толщины настила (по предпоследней цифре номера зачетной книжки) и высоты колонн (по последней цифре номера зачетной книжки), размерности так же указаны в таблице.

Например для студента Иванова Павла Антоновича, зачетная книжка 0804534 исходные данные будут следующие:

продольный шаг колонн $L = 10.8\text{м}$ (по первой букве «И» фамилии);

поперечный шаг колонн $l = 5.5\text{м}$ (по первой букве «П» имени);

нормативная полезная нагрузка $p = 400\text{ кг/м}^2$ (по первой букве «А» отчества);

толщина настила $t_n = 3.8\text{мм}$ (по предпоследней цифре «3» зачетной книжки);

высота колонн $h_k = 4.8\text{м}$ (по последней цифре «4» зачетной книжки).

Для всех вариантов принимается марка стали С245. Класс бетона фундамента принимается студентом самостоятельно.

Порядок выполнения проекта

1. Компоновка балочной клетки.
2. Конструирование крепления стального настила к балкам настила.
3. Расчет балок.
4. Расчет и конструирование узлов балочной клетки.
5. Расчет колонн.
6. Расчет и конструирование узлов колонн.
7. Графическое оформление проекта.

Таблица 1

Начальная буква ФИО	№ п/п	L (м)	l (м)	p (кг/м ²)
А	1	9	4	400
Б	2	9.2	4.1	410
В	3	9.4	4.2	420
Г	4	9.6	4.3	430
Д	5	9.8	4.4	440
Е	6	10	4.5	450
Ё	7	10.2	4.6	460
Ж	8	10.4	4.7	470
З	9	10.6	4.8	480
И	10	10.8	4.9	490
К	11	11	5	500
Л	12	11.2	5.1	510
М	13	11.4	5.2	520
Н	14	11.6	5.3	530
О	15	11.8	5.4	540
П	16	12	5.5	550
Р	17	12.2	5.6	560
С	18	12.4	5.7	570
Т	19	12.6	5.8	580
У	20	12.8	5.9	590
Ф	21	13	6	600
Х	22	13.2	6.1	610
Ц	23	13.4	6.2	620
Ч	24	13.6	6.3	630
Ш	25	13.8	6.4	640
Щ	26	14	6.5	650
Ъ, Ы, Ъ	27	14.2	6.6	660
Э	28	14.4	6.7	670
Ю	29	14.6	6.8	680
Я	30	14.8	6.9	690

Таблица 2

Цифра в номере зачетной книжки	t_n (мм)	h_k (м)
0	3	4
1	3.2	4.2
2	3.5	4.4
3	3.8	4.6
4	3.9	4.8
5	4	5
6	4.2	5.2
7	4.5	5.4
8	4.8	5.6
9	5	5.8

Компоновка балочной клетки

Компоновкой называют предварительное назначение некоторых параметров не заданных в задании, но необходимых при дальнейших расчетах и конструировании. По заданию предлагается использовать нормальный тип балочной клетки (существуют упрощенный, нормальный и усложненные типы балочных клеток).

При компоновке балочной клетки в исходных данных не заданы шаг балок настила, их количество и положение относительно колонн. При назначении этих параметров рассматривается одна ячейка (участок между смежными продольными и поперечными осями) представленная на рис. 1.

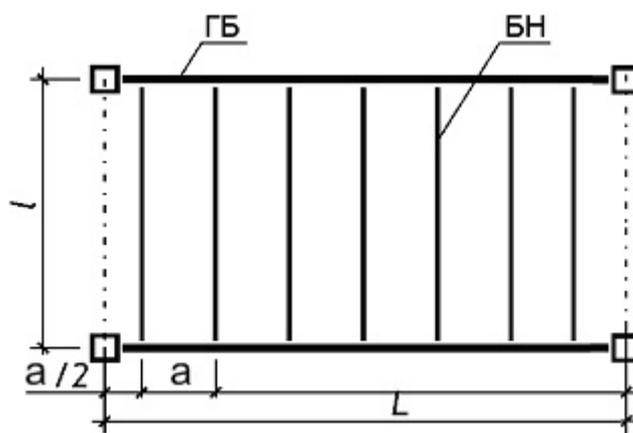


Рис.1. Компоновка нормального типа балочной клетки

Для правильного назначения указанных параметров необходимо учитывать некоторые требования.

Требования к компоновке балочной клетки

1. Шаг балок настила не должен превышать расстояния равного пролету настила вычисленного по условию его (настила) жесткости.
2. Шаг балок настила должен быть в пределах от 0.6м до 1.6м (конструктивные требования).
3. Число балок настила должно быть целым.
4. Шаг балок настила должен быть легко отмеряемым (как минимум кратным 5мм).
5. Балки настила не должны попадать на узлы опирания главных балок, т.е. не располагаться в створе колонн).

Первое требование происходит от обеспечения допустимого прогиба стального листа настила. Стальной настил при любой нагрузке будет

прогибаться. Действующими в нашей стране нормами ограничивается максимальный прогиб любой конструкции (СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия) в том числе и настилов. Максимальный пролет настила (расстояние между опорами его) может быть вычислен из условия его (настила) жесткости, т.е должно выполняться условие $f \leq [f]$ (прогиб настила должен быть меньше допускаемого прогиба) используя выражение

$$l_n = (4 * n_0 / 15) * (1 + (72 * E_1) / (n_0^4 * p^H)) * t_n, \quad (1)$$

где l_n – пролет настила; t_n – толщина настила,

$n_0 = [l_n / f] = 120$ – величина обратная допускаемому относительному прогибу,

$E_1 = 2.26 * 10^4 \text{ kH/cm}^2$ - модуль упругости стали при цилиндрическом изгибе,

p^H – нормативная длительная нагрузка на настил, которая равняется полезной нагрузке по заданию.

Второе требование – чисто конструктивное. Минимальный шаг (0.6м) должен обеспечивать легкость доступа монтажника к монтируемым элементам при выполнении соединения балки настила и главной балки. Максимальный шаг (1.6м) диктуется экономической целесообразностью. При большом шаге балок настила потребуются большее сечение профиля, а такой профиль будет дороже.

Третье требование обеспечивает повторение схемы размещения балок настила на остальных участках главных балок.

Четвертое требование необходимо для обеспечения метрологического обеспечения выполнения строительных работ. Для строительных конструкций точность измерения при изготовлении (для стальных конструкций) принята 10 мм, иногда 5мм. Более точные линейные измерения потребуют более дорогих средств измерения.

Пятое требование обеспечивает упрощение опорного узла главной балки и достигается симметричным размещением балок настила относительно колонн смещенным на половину шага от осей колонн.

Конструирование крепления стального настила к балкам настила

На этом этапе необходимо назначить катет сварного шва крепления стального листа настила к балкам настила.

При работе под нагрузкой (q_n) стальной лист настила будет испытывать растяжение (рис. 2). Так как растягивающее усилие (на рис. 2 усилие обозначено Н) в стальном настиле, по которому необходимо рассчитывать сварные швы крепления его к балкам настила, малы, катет сварного шва может быть назначен по конструктивным требованиям. Основное конструктивное требование – обеспечение свариваемости соединяемых элементов, т.е при выполнении сварного шва наиболее толстый элемент должен быть достаточно прогрет при наплавлении сварного шва, при этом наиболее тонкий элемент не

был бы прожжен. Для назначения такого катета необходимо воспользоваться пунктом 14.1.7 и таблицей 38 СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. При выполнении сварного шва соединения стального настила с балкой настила следует использовать вид соединения «ручной», т.к. использовать автомат или полуавтомат при выполнении в построечных условиях достаточно сложно. Вид соединения классифицируется как нахлесточное, так как стальной лист располагается на полке двутавра и находится в одной плоскости с ним.

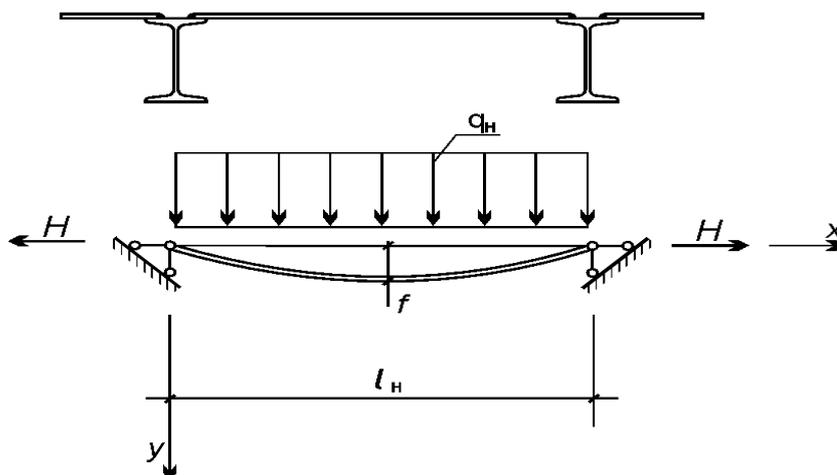


Рис.2. Работа стального настила
(конструктивная и расчетная схемы).

Расчет балок

В балочной клетке нормального типа присутствуют два вида балок, балки настила и главные балки. В рассматриваемом курсовом проекте для обоих видов балок рекомендуется использовать стальные прокатные двутавры по ГОСТ 26020-83 нормальной серии (обозначение Б) или по ГОСТ 8239-89. Последовательность расчета (подбора и проверок) т.е. алгоритм для балок настила и для главных балок соответствует расчету изгибаемого элемента. Различие будет заключаться только в величинах нагрузок и пролетов этих элементов.

Балки настила

Расчет балок начинают с определения нагрузок. Для определения действующих нагрузок на балку необходимо знать нагрузку распределенную на квадратный метр и, используя понятие «грузовая площадь» вычислить погонную нагрузку, т.е. нагрузку распределенную по длине балки (см. рис. 3). Ширина грузовой площади, т.е. участка с которого собирается нагрузка на конкретную балку определяется расстоянием между соседними по отношению к рассматриваемой балке. Ширина грузовой площадки равна половине

расстояния до левой соседней балки плюс половине расстояния до правой соседней балки. При равенстве расстояний между балками (как в нашем случае) ширина грузовой площадки будет равна шагу балок.

Таким образом погонная нормативная нагрузка на балку настила определяется по формуле (в виду незначительности собственного веса балки настила при расчете ее этим значением пренебрегаем):

$$q^H = (p^H + g^H) \cdot a, \quad (2)$$

Расчетная погонная нагрузка на балку настила определяется по формуле:

$$q = (\gamma_{f1} \cdot p^H + \gamma_{f2} \cdot g^H) \cdot a, \quad (3)$$

где $\gamma_{f1}=1.2$, $\gamma_{f2}=1.05$ – коэффициенты надежности по нагрузкам,

p^H – нормативная полезная нагрузка,

a – шаг балок настила,

$g^H = t_n \cdot \rho$ – нормативная нагрузка от веса настила (t_n – толщина стального листа настила),

$\rho = 78,5$ кН/м³ плотность стали.

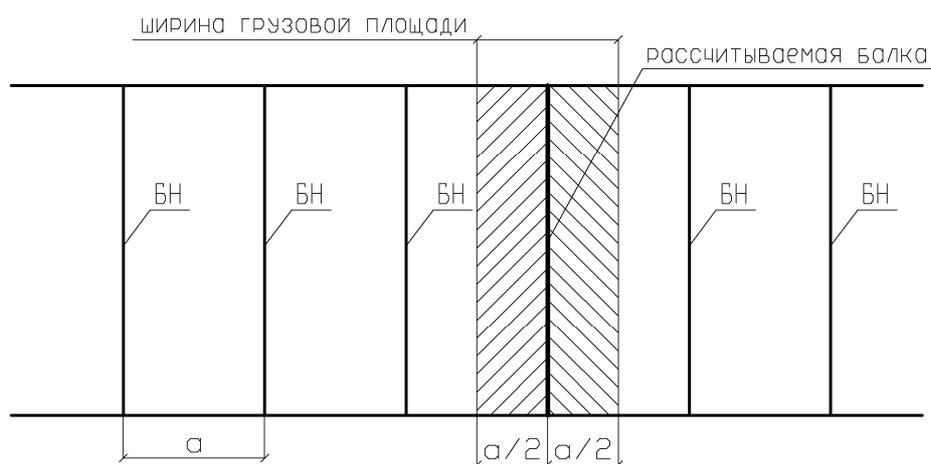


Рис. 3. К определению нагрузок на балки

Расчетная схема балок настила является разрезная балка с шарнирами на опорах, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой.

Для такой расчетной схемы изгибающий момент максимален в середине пролета, а расчетная поперечная сила максимальна на опоре. Вычисляем изгибающий момент и поперечную силу по расчётной погонной нагрузке используя выражения:

$$M = \frac{ql^2}{8}, \quad Q = \frac{ql}{2}, \quad (4) \quad (5)$$

где l – пролет балок настила (равный поперечному шагу колонн).

Затем находим требуемый момент сопротивления для подбора профиля балок по формуле:

$$W_{mp} = \frac{M}{R_y g_c}, \quad (6)$$

где R_y – расчетное сопротивление стали по пределу текучести см. табл. В.5 [2],

g_c – коэффициент условий работы - табл. 1 [2].

По сортаменту прокатных профилей находим номер профиля с моментом сопротивления, равным или больше требуемого.

Проверки подобранного профиля изгибаемого элемента по предельному состоянию первой группы производится по формулам:

на прочность при действии момента по нормальным напряжениям (согласно п. 8.2.1 [2])

$$M/(W_{n,min} R_y \gamma_c) \leq 1, \quad (7)$$

на прочность при действии в сечении поперечной силы по касательным напряжениям (согласно п. 8.2.1 [2])

$$(QS)/(J t_w R_s \gamma_c) \leq 1, \quad (8)$$

где: M - расчетный изгибающий момент в элементе,

$W_{n,min}$ – расчетный момент сопротивления поперечного сечения;

Q – расчетная поперечная сила в элементе;

S – статический момент сечения;

J – момент инерции сечения;

t_w - толщина стенки принимаемого профиля;

R_y – расчетное сопротивление изгибу;

R_s – расчетное сопротивление сдвигу (табл. 2 [2]).

Геометрические характеристики сечения принимаются по сортаменту для принятого профиля.

Проверка изгибаемого элемента по второй группе предельных состояний согласно [3] производится по формуле:

$$f \leq [f] \text{ или } f/l \leq [f/l], \quad (9)$$

где f абсолютное значение прогиба элемента от нормативной нагрузки, f/l относительный прогиб элемента,

$[f]$ допускаемый прогиб, $[f/l]$ допускаемый относительный прогиб, принимаемый по таблице Е.1 СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» [3].

Величина прогиба балки вычисляется как для однопролетной балки нагруженной равномерно распределенной нагрузкой по соотношению

$$f = \frac{5q^H l^4}{384EI}. \quad (10)$$

Главные балки

Расчетной схемой главной балки (как и для балки настила) является разрезная балка с шарнирами на опорах, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой. Различия между балками настила и главными балками заключаются в величинах нагрузок и пролете балок. Для главных балок необходимо учитывать вес уже подобранных балок настила и собственный вес самих главных балок.

Нормативная погонная нагрузка на балку:

$$q^H = (p^H + g^H) \cdot l, \quad (11)$$

где g^H – нормативная постоянная нагрузка от веса перекрытия (включая и вес уже подобранных балок настила) и веса главной балки; вес главной балки ориентировочно принимается в размере $1 \div 2\%$ от полезной нагрузки p^H .

Расчетная погонная нагрузка на балку:

$$q = (\gamma_{f1} \cdot p^H + \gamma_{f2} \cdot g^H) \cdot l, \quad (12)$$

где $g^H = g_n / a + g_n + (0,01 \div 0,02) P^H$,

здесь g_n – вес 1 погонного м балки настила, определяемый по сортаменту (линейная плотность),

a – шаг балок настила,

g_n - нормативная нагрузка от веса настила (см. пояснения к формулам 2 и 3).

Расчетные значения изгибающего момента и поперечной силы главной балки определяются по формулам (4) и (5), но используются значения расчетных нагрузок q и пролета уже главной балки (L). Пролет главной балки будет равен продольному шагу колонн.

Главную балку проектируют и рассчитывают аналогично балкам настила, т.е. подбирают профиль и выполняют проверки.

Расчет и конструирование узлов главной балки

Конструирование опорного узла главной балки

При конструировании опорного узла назначаются размеры опорного ребра (ширина, длина и толщина) и назначается катет сварного шва крепления опорного ребра к стенке двутавра главной балки.

Длина и ширина опорного ребра назначаются конструктивно, длина может быть принята равной высоте двутавра, а ширина - равной ширине полки двутавра принятого для главной балки.

Толщина опорного ребра назначается так же по конструктивным соображениям. Она должна быть не менее толщины стенки, не менее 10 мм и принята по сортаменту на листовую сталь универсальную по ГОСТ 82-70.

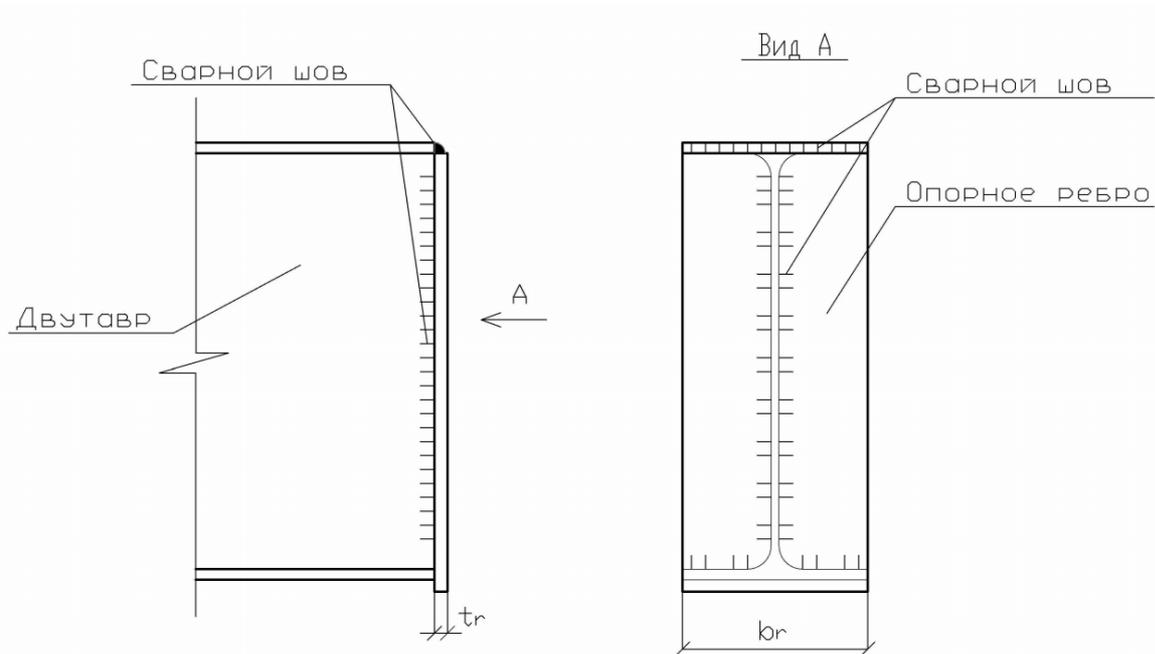


Рис. 4. Опорный узел главных балок

Толщина сварных швов (величина катета сварных швов), прикрепляющих опорное ребро к стенке балки, вычисляется условию обеспечения прочности в сечении по металлу сварного шва

$$k_f = \frac{F}{b_f R_{wf} g_c \sum l_w} \quad (13)$$

И в сечении по металлу границы сплавления

$$k_f = \frac{F}{b_z R_{wz} g_c \sum l_w}, \quad (14)$$

где b_f, b_z – коэффициенты, учитывающие глубину проплавления шва [2] (при ручной сварке $b_f = 0,7, b_z = 1,0$);

$\sum l_w$ – длина сварных швов, равная двойной высоте стенки двутавра (сварные швы прикрепляют ребро к стенке по обеим сторонам ее);

R_{wf}, R_{wz} – расчетные сопротивления угловых сварных швов, определяемые по [2] таблица Г.2, таблицы 4 и В.5;

g_c – коэффициент условия работы табл. 1 [2].

Принятая толщина шва (катет сварного шва) k_f должна соответствовать конструктивным требованиям (п.14.1.7 СП 16.13330.2011).

Расчет узла сопряжения балок

Конструктивно узел сопряжения балок (соединение балки настила с главной балкой) принимается по схеме «сопряжения в одном уровне», т.е. балка настила не выступает за габариты главной балки (см. рис. 5). В сопряжениях балок в одном уровне обычно стенки балок крепятся к ребрам главной балки на

болтах нормальной точности. Болтовое соединение рассчитывается на сдвиг от действия опорной реакции балки, увеличенной на 20%.

Расчет сопряжения ведется в следующей последовательности:

1. Назначается диаметр болта (по конструктивным требованиям к размещению болтов на участке стенки балки настила с учетом требований таблицы 40 [2]) и класс прочности его.

2. Определяется несущая способность болта по условию работы его на срез:

$$N_b = R_{bs} g_b \frac{pd^2}{4} \quad (15)$$

и по условию на смятие стали сопрягаемых элементов:

$$N_b = R_{bp} g_b dt, \quad (16)$$

где d – диаметр болта; t – наименьшая из толщин стенки балки настила или опорного ребра; R_{bs} и R_{bp} – расчетные сопротивления болтовых соединений - таблицы Г.5; В.5 и Г.6 [2]; g_b – коэффициент условий работы соединения - таблица 41 [2].

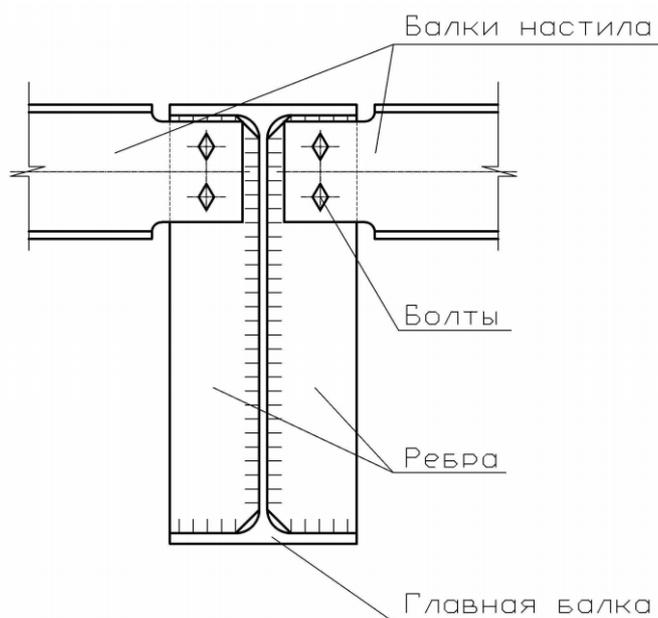


Рис. 5. Сопряжение балок в одном уровне

3. Определяется требуемое количество болтов:

$$n = \frac{1,2F_b}{N_b g_c}, \quad (17)$$

где F_b – опорная реакция балки настила (численно равна поперечной силе на опоре).

В формулу (17) подставляется наименьшая несущая способность болта, найденная по (15) или (16). Окончательно принимается количество болтов с

учетом конструктивных требований (не менее двух). Размещение принятого количества болтов выполняется с учетом требований п. 14.2.2 [2].

Расчет колонны

Колонны рабочей площадки работают на центральное сжатие. Высота колонны $l = h_k$ принимается равной расстоянию от низа главной балки перекрытия до верха фундамента (рис. 6).

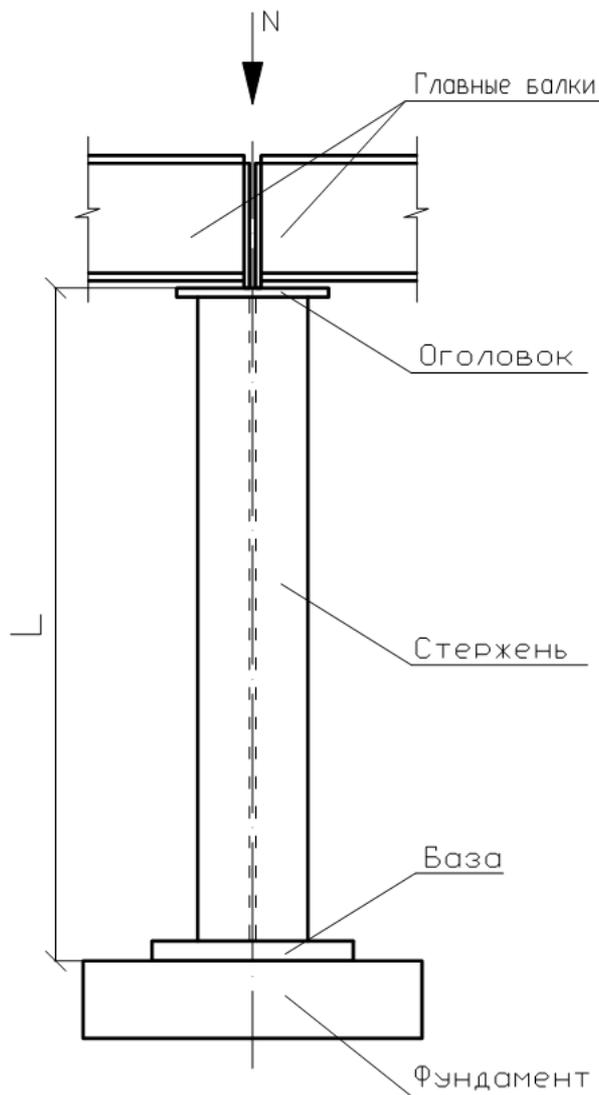


Рис. 6. Конструктивное решение колонны

Расчетная длина колонны определяется в зависимости от конструктивного решения сопряжения ее с вышележащими балками и фундаментом:

$$l_{ef} = \mu l$$

где l – геометрическая длина колонн между точками закрепления стержня; μ – коэффициент расчетной длины, равный 1 при шарнирном сопряжении.

Расчетное усилие в колонне определяется нагрузкой на колонну. Нагрузкой, являются опорные реакции балок и собственный вес колонны (вес колонны в расчете можно не учитывать):

$$N=2Q, \quad (18)$$

где Q – опорная реакция главной балки от расчетных нагрузок.

Колонна проектируется сплошного сечения из прокатных двутавров с параллельными гранями полок по ГОСТ 26020-83 (колонная серия - с обозначением К).

Центрально сжатые колонны рассчитываются на устойчивость в плоскости наибольшей гибкости. Гибкости колонн определяются следующим образом:

$$I_x = \frac{l_{efx}}{i_x}; \quad I_y = \frac{l_{efy}}{i_y}, \quad (19)$$

где l_{efx} , l_{efy} – расчетные длины относительно осей x и y соответственно, i_x , i_y – радиусы инерции сечения колонны относительно главных осей $x-x$ и $y-y$.

Предельная гибкость $[I]$ для колонн рабочих площадок определяется по таблице 32 [2].

Расчет стержня сплошной колонны

Расчет стержня колонны соответствует расчету центрально сжатого элемента и выполняется в следующей последовательности:

1. Предварительно задается величина гибкости стержня по которому определяется соответствующий ей коэффициент устойчивости φ по таблице Д.1 [2]. Гибкость следует задавать в пределах $I = 50 - 70$.

2. Определяется требуемая площадь сечения стержня колонны по формуле:

$$A_{mp} = \frac{N}{j R_y \gamma_c}. \quad (20)$$

3. Из сортамента прокатных двутавров подбирается профиль с площадью сечения несколько большим, чем вычисленная требуемая площадь сечения. Выписываются фактические величины A , i_x и i_y .

4. Определяются фактические гибкости стержня:

$$I_x = \frac{l_{efx}}{i_x}; \quad I_y = \frac{l_{efy}}{i_y}. \quad (21)$$

5. По максимальной гибкости находится минимальный коэффициент устойчивости j и проверяется принятое сечение на устойчивость по формуле:

$$N/(j A R_y \gamma_c) \leq l, \quad (22)$$

где N - расчетное усилие сжатия в стержне колонны,

A – площадь сечения выбранного двутавра,

j - минимальный коэффициент устойчивости при центральном сжатии.

Расчет базы колонны.

При расчете базы колонны устанавливаются размеры опорной плиты (длина, ширина и толщина).

Конструктивное решение базы должно обеспечивать принятый в расчетной схеме колонны тип сопряжения ее с фундаментом (рис. 7). Шарнирное сопряжение колонны с фундаментом обеспечивается податливостью узла за счет гибкости плиты, которая прикрепляется к фундаменту анкерными болтами (обычно двумя). Диаметр их принимается конструктивно 20–30 мм. В проекте рекомендуется принять базу колонны с фрезерованным торцом стержня. В этом случае база состоит из опорной плиты, которая служит для передачи усилия от колонны на бетон фундамента, равномерного его распределения и обеспечения прочности бетона фундамента на сжатие. Сама опорная плита работает на изгиб от действия равномерно распределенной нагрузки q – реактивного давления фундамента.

Последовательность расчета опорной плиты следующая.

1. Исходя из класса бетона фундамента R_b (при В7.5 – $R_b=45,9\text{кгс/см}^2$, при В10 – $R_b=61,2\text{кгс/см}^2$, при В15 – $R_b=86,7\text{кгс/см}^2$), определяется расчетное сопротивление материала фундамента осевому сжатию:

$$R_\phi = R_b g, \quad (23)$$

где $g = \sqrt[3]{A_\phi / A_{nl}} \leq 1,5$.

Если база колонны рассчитывается до проектирования фундамента, то принимается $g = 1,2$.

2. Опорная плита принимается квадратной (так как сечение стержня колонны, выбранное по колонной серии двутавров имеет примерное равенство высоты и ширины, т.е. вписывается примерно в квадрат) со стороной B размер которой определяется прочностью бетона фундамента и вычисляется по соотношению:

$$B = \sqrt{N / R_\phi}, \quad (24)$$

где N – усилие в колонне; R_ϕ – расчетное сопротивление бетона фундамента осевому сжатию.

3. Размер стороны опорной плиты B должен быть уточнен по конструктивным требованиям, т.е. обеспечить размещение на ней (опорной плите) подобранного двутавра для колонны и позволить разместить сварные швы соединения опорной плиты с этим двутавром. Кроме того размеры плиты должны быть кратны 10мм (в крайнем случае кратно 5мм).

4. Определяется реактивное давление фундамента по формуле:

$$q = \frac{N}{B^2} \leq R_\phi. \quad (25)$$

5. Изгибающий момент для плиты вычисляется по формуле:

$$M_1 = q \cdot A_1 \cdot c_1, \quad M_2 = q \cdot A_2 \cdot c_2 \quad (26)$$

где A_1, A_2 – площади трапеций, заштрихованные на рис 7 и 8; c_1, c_2 – расстояния от центра тяжести трапеций до краев колонны.

Необходимо рассмотреть оба направления изгиба опорной плиты (1 и 2 см. рис. 7).

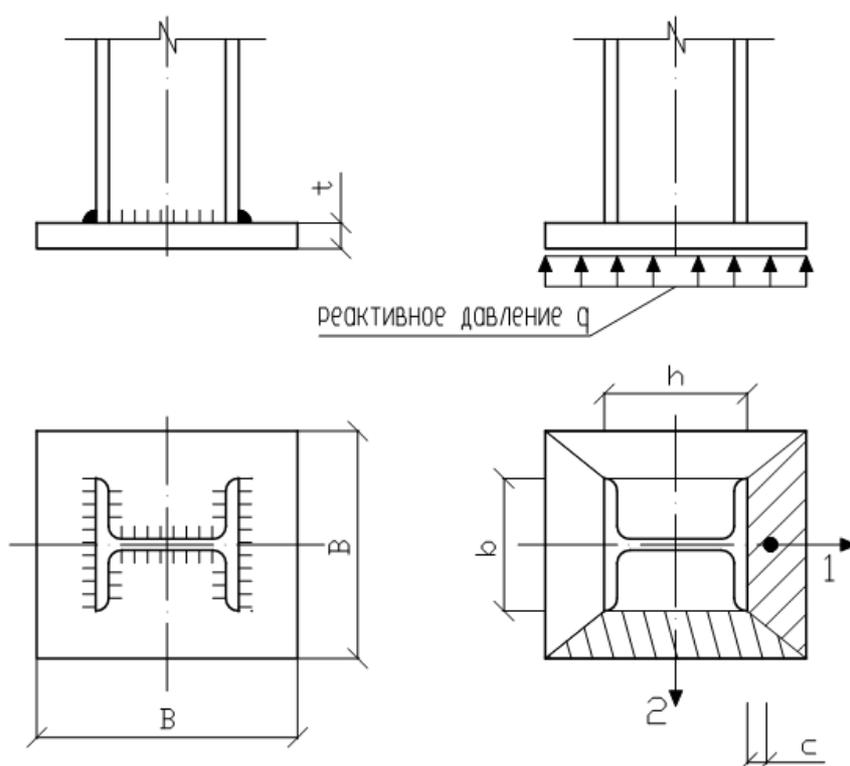


Рис. 7. Базы колонн с фрезерованными торцами

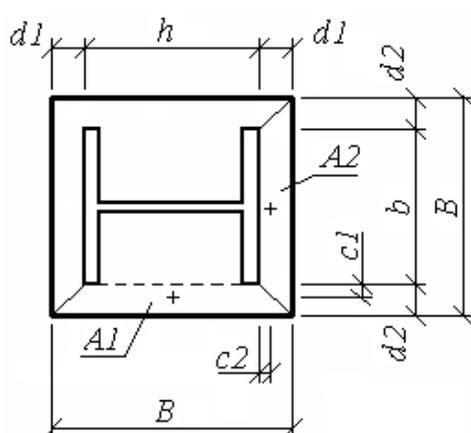


Рис. 8. К определению изгибающих моментов в опорной плите.

5. Рассчитывается требуемая толщина опорной плиты из условия прочности по нормальным напряжениям при изгибе по двум направлениям:

$$t_1^{mp} = \sqrt{\frac{6M_1}{b_1 R_y g_c}}; \quad t_2^{mp} = \sqrt{\frac{6M_2}{b_2 R_y g_c}} \quad (27)$$

Толщина опорной плиты t должна быть принята не менее требуемой по двум вариантам расчета (двум направлениям изгиба плиты) и в соответствии с сортаментом листового широкополосного универсального проката по ГОСТ 82-70*. Кроме того толщина опорной плиты должна быть не менее 15мм из условия коррозионного износа.

Толщина швов, прикрепляющих стержень колонны к плите, принимается конструктивно (не меньше минимального катета по таблице 38 [2]).

Конструирование оголовка колонны.

Конструкция оголовка колонны при опирании балок на нее сверху приведена на рис. 8.

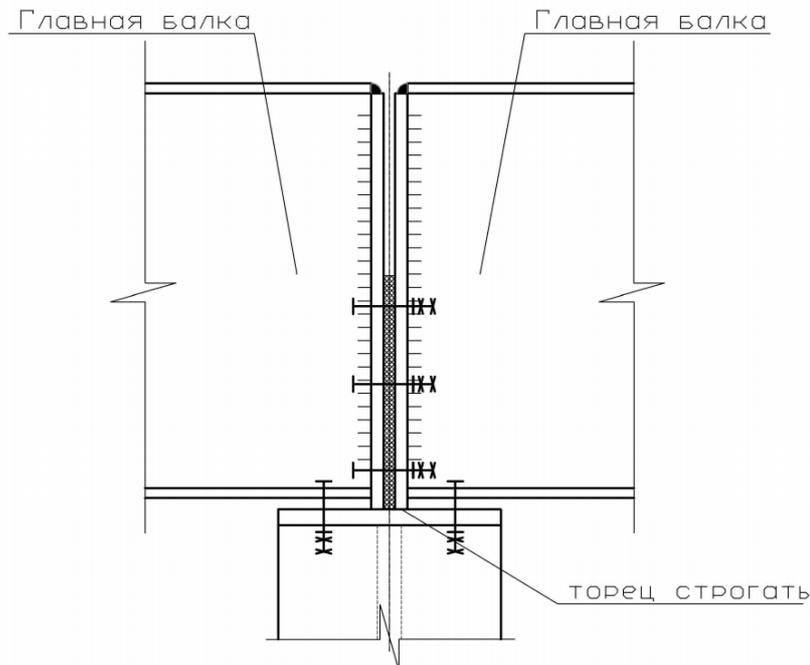


Рис. 8. Оголовок колонны

При расчете оголовка колонны устанавливаются размеры плиты оголовка (длина, ширина и толщина) и проверяется прочность смятия торцевой поверхности стенки двутавра стержня колонны примыкающей к плите оголовка.

Расчет выполняется в следующем порядке:

1. Конструктивно назначаются размеры плиты оголовка из условия размещения двутавра колонны и сварных швов соединения плиты со стержнем колонны.

2. Конструктивно назначается толщина плиты оголовка. Толщина плиты назначается не менее толщины полок принятого сечения двутавра колонны (по

условию свариваемости), не менее 8мм (по условию коррозионного износа) и в соответствии с толщиной стального листа по выбранному сортаменту (в сортаменте должен быть такой размер толщины листа).

3. Выполняется проверка прочности смятию торцевой поверхности стенки двутавра колонны по формуле:

$$s_p = \frac{N}{(b + 2t_{nl})t_w} \leq R_p g_c \quad (28)$$

где N – расчетное усилие в стержне колонны (равное удвоенной опорной реакции главной балки), t_w - толщина стенки двутавра колонны, b – расчетная ширина смятия, принимаемая наименьшей из значений: ширины торцевого ребра главной балки b_r (см. рис. 4) или высоты двутавра колонны h_w (рис. 8), R_p – расчетное сопротивление смятию торцевой поверхности, g_c - коэффициент условия работы.

В случае, если прочность на смятие не обеспечивается, под плитой оголовка вырезается участок стенки двутавра (150÷250мм) и на это место приваривается лист большей толщины (см. рис. 8), обеспечивающий прочность на смятие расчетом по формуле (28).

Оформление графической части курсовой работы

Графическая часть курсовой работы включает чертеж КМ (конструкции металлические) и эскизы к чертежам стадии КМД (конструкции металлические деталировочные). Чертеж оформляется на одном листе формата А3 либо А2 при больших габаритах рабочей площадки. Эскизы выполняются на листах формата А4 и вкладываются в пояснительную записку. В эскизах должны быть представлены:

1. Балка настила.
2. Главная балка.
3. Колонна.
4. Узел сопряжения балки настила с главной балкой.
5. Опорный узел главной балки.
6. База колонны.
7. Оголовок колонны.

Чертежи КМ включают: схему элементов балочной клетки (план, продольные и поперечные разрезы) и основные монтажные узлы. На схеме должны быть показаны оси, отметки, пролеты, маркировка элементов и узлов. Отправочные элементы на схемах показываются одной сплошной линией. Каждая линия обозначает отдельную отправочную единицу, поэтому в монтажных узлах линии не должны пересекаться. Схема дополняется ведомостью отправочных элементов.

Чертежи КМД включают детализировочные чертежи главной балки, балки настила и колонны. Чертежи КМД сопровождаются спецификацией металла на отправочные марки.

Чертежи стадии КМ и КМД сопровождаются примечаниями, в которых даются необходимые пояснения по материалу, электродам, болтам, сварным швам, антикоррозионной защите и т.д.

При выполнении чертежей и оформлении пояснительной записки необходимо руководствоваться ЕСКД.

Вопросы к защите курсового проекта

Вопросы к этапу 1:

1. Что такое компоновка?
2. Какие параметры назначаются при компоновке балочной клетки?
3. Как называется рассматриваемый тип балочной клетки?
4. Какие требования необходимо учитывать при назначении количества и шага балок настила?

Вопросы к этапу 2:

1. Как крепится настил к балкам?
2. Какой настил (из чего он выполнен) использован в данном курсовом проекте?
3. Какие конструктивные требования необходимо учитывать при назначении катета сварного шва?

Вопросы к этапу 3:

1. Из чего складывается нагрузка на балки (балки настила и главные балки)?
2. Как собирается нагрузка на балки (балки настила и главные балки)?
3. Что такое «грузовая площадь»?
4. Как подбирается профиль при расчете балок (элементов работающих на изгиб)?
5. Какие проверки необходимо произвести при расчете балок (элементов работающих на изгиб) из прокатных профилей?

Вопросы к этапу 4:

1. Какие предельные состояния характерны для сварных соединений при расчете сварных угловых швов?
2. Какие конструктивные требования необходимо учитывать при назначении параметров сварных швов?
3. Какие предельные состояния характерны для болтовых соединений работающих на срез?
4. Какие конструктивные требования необходимо учитывать при назначении параметров болтовых соединений работающих на срез?
5. Как определяется количество болтов в соединении?

Вопросы к этапу 5:

1. Какие предельные состояния характерны для центрально сжатых элементов?
2. Какие проверки необходимо произвести при расчете основных колонн?

Вопросы к этапу 6:

1. Для чего необходима опорная плита в базе колонны?

2. Как определяется минимальный размер опорной плиты в плане?
3. Какие конструктивные требования необходимо учитывать при окончательном назначении размера опорной плиты в плане?
4. Как работает опорная плита (на что она работает)?
5. Как рассчитывается толщина опорной плиты (из каких условий вычисляется ее толщина)?
6. Какие конструктивные требования необходимо учитывать при назначении толщины опорной плиты?
7. Как назначаются размеры плиты оголовка?
8. Какие проверки необходимо выполнить при расчете оголовка?

Литература

1. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований». Основные положения и требования. М., Стандартинформ., 2011г.
2. СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М., Стандартинформ., 2011г.
3. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*». М., Стандартинформ., 2011г.
4. Металлические конструкции. Учебник. Под ред. Ю.И. Кудишина. - М.: И.Ц. «Академия», 2007. 688 с.
5. Стальные конструкции. Справочник конструктора. Под ред. Мельникова Н.П. М.: Стройиздат, 1976.
6. Справочник проектировщика. Под ред. Кузнецова В.В. М.: Стройиздат, 1998.
7. Временная инструкция о составе и оформлении рабочих чертежей зданий и сооружений. Раздел 5. Конструкции металлические. Чертежи КМ СН 460–74. М.: Стройиздат, 1978.
8. Абаринов А.А. Составление детализированных чертежей металлических конструкций. М.: Стройиздат, 1978.
9. Стандарт предприятия. Дипломные и курсовые проекты. Требования к оформлению пояснительной записки и чертежей. СТП. КИСИ 5–04–90. Казань, 1990.
10. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Металлические и деревянные конструкции» для студентов направления «Строительство» профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» 270809.62 и «Городское хозяйство и строительство» 270803.62. Часть I «Металлические конструкции». Казань, 2014.

Приложения

Таблица 1 (Таблица 2 [1])

Напряженное состояние	Расчетные сопротивления проката и труб
Растяжение, сжатие, изгиб: по пределу текучести по временному сопротивлению Сдвиг Смятие: торцевой поверхности (при наличии пригонки) местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании Диаметральное сжатие катков (при свободном касании в конструкциях с ограниченной подвижностью)	$R_y = R_{ym} / \gamma_m$ $R_u = R_{um} / \gamma_m$ $R_s = 0,58R_{ym} / \gamma_m$ $R_p = R_{pm} / \gamma_m$ $R_{lp} = 0,5R_{um} / \gamma_m$ $R_{cd} = 0,025R_{um} / \gamma_m$

Таблица 2 (Таблица В.5 [1])

Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального и фасонного проката

Сталь по ГОСТ 27772	Толщина проката*, мм	Нормативное сопротивление** проката, Н/мм ²		Расчетное сопротивление*** проката, Н/мм ²	
		R_m	R_{um}	R_y	R_u
C235	От 2 до 8	235	360	230/225	350/345
C245	» 2 » 20	245	370	240/235	360/350
	Св. 20 » 30	235	370	230/225	360/350
C255	От 2 » 20	245	370	240/235	360/350
	Св. 20 » 40	235	370	230/225	360/350
C285	От 2 » 10	275	390	270/260	380/370
	Св. 10 » 20	265	380	260/250	370/360
C345	От 2 » 20	325	470	320/310	460/450
	Св. 20 » 40	305	460	300/290	450/440
	» 40 » 80	285	450	280/270	440/430
	» 80 » 100	265	430	260/250	420/410
C345К	От 4 » 10	345	470	335/330	460/450
C375	» 2 » 20	355	490	345/340	480/465
	Св. 20 » 40	335	480	325/320	470/455
C390	От 4 » 50	390	540	380/370	525/515
C440	» 4 » 30	440	590	430/420	575/560
	Св. 30 » 50	410	570	400/390	555/540
C590 C590К	От 10 » 40	590	685	575/560	670/650

* За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки.

** За нормативное сопротивление приняты гарантированные значения предела текучести и временного сопротивления, приводимые в государственных стандартах или технических условиях.

*** В числителе представлены значения расчетных сопротивлений проката, поставляемого по ГОСТ 27772 в знаменателе - расчетное сопротивление остального проката при $\gamma_m = 1,050$.

Таблица 3 (Таблица 1 [1])

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы γ_c
1 Балки сплошного сечения и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т.п. при временной нагрузке, не превышающей вес перекрытий	0,90
2 Колонны общественных зданий при постоянной нагрузке, равной не менее 0,8 расчетной, и опор водонапорных башен	0,95
3 Колонны одноэтажных производственных зданий с мостовыми кранами	1,05
4 Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из двух уголков в сварных фермах покрытий и перекрытий при расчете на устойчивость указанных элементов с гибкостью $\lambda > 60$	0,80
5 Растянутые элементы (затяжки, тяги, оттяжки, подвески) при расчете на прочность по неослабленному сечению	0,90
6 Элементы конструкций из стали с пределом текучести до 440 Н/мм ² , несущие статическую нагрузку, при расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов (кроме фрикционных соединений)	1,10
7 Сжатые элементы решетки пространственных решетчатых конструкций из одиночных уголков, прикрепляемые одной полкой (для неравнополочных уголков - большей полкой):	
а) непосредственно к поясам сварными швами либо двумя болтами и более, установленными вдоль уголка:	
раскосы по рисунку 15,а и распорки по рисунку 15,б, в, е	0,90
раскосы по рисунку 15,в, г, д, е	0,80
б) непосредственно к поясам одним болтом или через фасонку независимо от вида соединения	0,75
8 Сжатые элементы из одиночных уголков, прикрепляемых одной полкой (для неравнополочных уголков - меньшей полкой), за исключением элементов плоских ферм из одиночных уголков и элементов, указанных в позиции 7 настоящей таблицы, раскосов по рисунку 15, б, прикрепляемых непосредственно к поясам сварными швами либо двумя болтами и более, установленными вдоль уголка, и плоских ферм из одиночных уголков	0,75
9 Опорные плиты из стали с пределом текучести до 390 Н/мм ² , несущие статическую нагрузку, толщиной, мм:	
а) до 40	1,20
б) » 40 до 60	1,15
в) » 60 » 80	1,10

Примечания

1 Коэффициенты $\gamma_c < 1$ при расчете совместно учитывать не следует.

2 При расчете на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов, коэффициенты условий работы, приведенные в позициях б1; б2; б3, следует учитывать совместно.

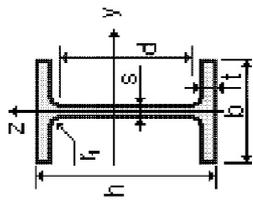
3 При расчете опорных плит коэффициенты, приведенные в позициях 9 и 2, 9 и 3, следует учитывать совместно.

4 Коэффициенты для элементов, приведенных в позициях 1 и 2, следует учитывать также при расчете их соединений.

5 В случаях, не оговоренных в настоящей таблице, в формулах следует принимать $\gamma_c = 1$.

Таблица 4

ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ ДВУТАВР С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГРАНЯМИ ПОЛОК СОРТАМЕНТ ПО ГОСТ 26020-83



Номер профиля	h	b	s	t	r ¹	A	P	I _y	W _y	S _y	I _z	W _z	iz
	мм	мм	мм	мм	мм	см ²	кг/м	см ⁴	см ³	см ³	см ⁴	см ³	мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
Балочные двутавры													
I10B1	100	55	4.1	5.7	7	10.32	8.1	171	34.2	19.7	15.9	5.8	12.4
I12B1	117.6	64	3.8	5.1	7	11.03	8.7	257	43.8	24.9	22.4	7	14.2
I12B2	120	64	4.4	6.3	7	13.21	10.4	318	53	30.4	27.7	8.6	14.5
I14B1	137.4	73	3.8	5.6	7	13.39	10.5	435	63.3	35.8	36.4	10	16.5
I14B2	140	73	4.7	6.9	7	16.43	12.9	541	77.3	44.2	44.9	12.3	16.5
I16B1	157	82	4	5.9	9	16.18	12.7	689	87.8	49.5	54.4	13.3	18.3
I16B2	160	82	5	7.4	9	20.09	15.8	869	108.7	61.9	68.3	16.6	18.4
I18B1	177	91	4.3	6.5	9	19.58	15.4	1063	120.1	67.7	81.9	18	20.4
I18B2	180	91	5.3	8	9	23.95	18.8	1317	146.3	83.2	100.8	22.2	20.5
I20B1	200	100	5.6	8.5	12	28.49	22.4	1943	194.3	110.3	142.3	28.5	22.3
I23B1	230	110	5.6	9	12	32.91	25.8	2996	260.5	147.2	200.3	36.4	24.7
I26B1	258	120	5.8	8.5	12	35.62	28	4024	312	176.6	245.6	40.9	26.3
I26B2	261	120	6	10	12	39.7	31.2	4654	356.6	201.5	288.8	48.1	27
I30B1	296	140	5.8	8.5	15	41.92	32.9	6328	427	240	390	55.7	30.5
I30B2	299	140	6	10	15	46.67	36.6	7293	487.8	273.8	458.6	65.5	31.3
I35B1	346	155	6.2	8.5	18	49.53	38.9	10060	581.7	328.6	529.6	68.3	32.7
I35B2	349	155	6.5	10	18	55.17	43.3	11550	662.2	373	622.9	80.4	33.6
I40B1	392	165	7	9.5	21	61.25	48.1	15750	803.6	456	714.9	86.7	34.2
I40B2	396	165	7.5	11.5	21	69.72	54.7	18530	935.7	529.7	865	104.8	35.2
I45B1	443	180	7.8	11	21	76.23	59.8	24940	1125.8	639.5	1073.7	119.3	37.5
I45B2	447	180	8.4	13	21	85.96	67.5	28870	1291.9	732.9	1269	141	38.4
I50B1	492	200	8.8	12	21	92.98	73	37160	1511	860.4	1606	160.6	41.6

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I50B2	496	200	9.2	14	21	102.8	80.7	42390	1709	970.2	203	1873	187.3	42.7
I55B1	543	220	9.5	13.5	24	113.37	89	55680	2051	1165	221.6	2404	218.6	46.1
I55B2	547	220	10	15.5	24	124.75	97.9	62790	2296	1302	224.3	2760	250.9	47
I60B1	593	230	10.5	15.5	24	135.26	106.2	78760	2656	1512	241.3	3154	274.3	48.3
I60B2	597	230	11	17.5	24	147.3	115.6	87640	2936	1669	243.9	3561	309.6	49.2
I70B1	691	260	12	15.5	24	164.7	129.3	125930	3645	2095	276.5	4556	350.5	52.6
I70B2	697	260	12.5	18.5	24	183.6	144.2	145912	4187	2393	281.9	5437	418.2	54.4
I80B1	791	280	13.5	17	26	203.2	159.5	199500	5044	2917	313.3	6244	446	55.4
I80B2	798	280	14	20.5	26	226.6	177.9	232200	5820	3343	320.1	7527	537.6	57.6
I90B1	893	300	15	18.5	30	247.1	194	304400	6817	3964	350.9	8365	557.6	58.2
I90B2	900	300	15.5	22	30	272.4	213.8	349200	7760	4480	358	9943	662.8	60.4
I100B1	990	320	16	21	30	293.82	230.6	446000	9011	5234	389.6	11520	719.9	62.6
I100B2	998	320	17	25	30	328.9	258.2	516400	10350	5980	396.2	13710	856.9	64.6
I100B3	1006	320	18	29	30	364	285.7	587700	11680	6736	401.8	15900	993.9	66.1
I100B4	1013	320	19.5	32.5	30	400.6	314.5	655400	12940	7470	404.5	17830	1114.3	66.7
Колонные двутавры														
I20K1	195	200	6.5	10	13	52.82	41.5	3820	392	216	85	1334	133	50.3
I20K2	198	200	7	11.5	13	59.7	46.9	4422	447	247	86.1	1534	153	50.7
I23K1	227	240	7	10.5	14	66.51	52.2	6589	580	318	99.5	2421	202	60.3
I23K2	230	240	8	12	14	75.77	59.5	7601	661	365	100.2	2766	231	60.4
I26K1	255	260	8	12	16	83.08	65.2	10300	809	445	111.4	3517	271	65.1
I26K2	258	260	9	13.5	16	93.19	73.2	11700	907	501	112.1	3957	304	65.2
I26K3	262	260	10	15.5	16	105.9	83.1	13560	1035	576	113.2	4544	349	65.5
I30K1	296	300	9	13.5	18	108	84.8	18110	1223	672	129.5	6079	405	75
I30K2	300	300	10	15.5	18	122.7	96.3	20930	1395	771	130.6	6980	465	75.4
I30K3	304	300	11.5	17.5	18	138.72	108.9	23910	1573	874	131.2	7881	525	75.4
I35K1	343	350	10	15	20	139.7	109.7	31610	1843	1010	150.4	10720	613	87.6
I35K2	348	350	11	17.5	20	160.4	125.9	37090	2132	1173	152.1	12510	715	88.3
I35K3	353	350	13	20	20	184.1	144.5	42970	2435	1351	152.8	14300	817	88.1
I40K1	393	400	11	16.5	22	175.8	138	52400	2664	1457	172.6	17610	880	100
I40K2	400	400	13	20	22	210.96	165.6	64140	3207	1767	174.4	21350	1067	100.6
I40K3	409	400	16	24.5	22	257.8	202.3	80040	3914	2180	176.2	26150	1307	100.7
I40K4	419	400	19	29.5	22	308.6	242.2	98340	4694	2642	178.5	31500	1575	101

Таблица 5 (из таблицы Е.1 [2])

Продолжение таблицы Е.1

Элементы конструкций	Предъявляемые требования	Вертикальные предельные прогибы f_u	Нагрузки для определения вертикальных прогибов
2 Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов): а) покрытий и перекрытий, открытых для обзора, при пролете l , м: $l \leq 1$ $l = 3$ $l = 6$ $l = 24$ (12) $l \geq 36$ (24)	Эстетико-психологические	$l/120$ $l/150$ $l/200$ $l/250$ $l/300$	Постоянные и длительные

Таблица 6 (Таблица Г.2 [1])

Нормативные и расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами

Сварочные материалы		R_{wun} , Н/мм ²	R_{wf} , Н/мм ²
тип электрода (по ГОСТ 9467)	марка проволоки		
Э42, Э42А	Св-08, Св-08А	410	180
Э46, Э46А	Св-08ГА,	450	200
Э50, Э50А	Св-08Г2С, Св-10ГА, ПП-АН-8, ПП-АН-3	490	215
Э60	Св-08Г2С*, Св-10НМА, Св-10Г2	590	240
Э70	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХН2ГМЮ	685	280
Э85	-	835	340

Таблица 7 (Таблица 38 [1])

Вид соединения	Вид сварки	Предел текучести стали, Н/мм ²	Минимальный катет шва k_f , мм, при толщине более толстого из свариваемых элементов t , мм						
			4-5	6-10	11-16	17-22	23-32	33-40	41-80
			Тавровое с двусторонними угловыми швами	Ручная дуговая	До 285 Св. 285 до 390 » 390 » 590	4 4 5	4 5 6	4 6 7	5 7 8
Нахлесточное и угловое	Автоматическая и механизированная	До 285 Св. 285 до 390 » 390» 590	3 3 4	4 4 5	4 5 6	5 6 7	5 7 8	6 8 9	6 9 10
Тавровое с односторонними угловыми швами	Ручная дуговая	До 375	5	6	7	8	9	10	12
	Автоматическая и механизированная		4	5	6	7	8	9	10

Таблица 8 (Таблица 39 [1])

Вид сварки при диаметре сварочной проволоки сплошного сечения d , мм	Положение шва	Коэффициент	Значения коэффициентов β_f и β_z при нормальных режимах сварки и катетах швов, мм			
			3-8	9-12	14-16	св. 16
Автоматическая при $d = 3 - 5$	В лодочку	β_f	1,1			0,7
		β_z	1,15			1,0
	Нижнее	β_f	1,1	0,9		0,7
		β_z	1,15	1,05		1,0
Автоматическая и механизированная при $d = 1,4 - 2$	В лодочку	β_f	0,9		0,8	0,7
		β_z	1,05		1,0	
	Нижнее, горизонтальное, вертикальное	β_f	0,9	0,8	0,7	
		β_z	1,05	1,0		
Ручная и механизированная при $d < 1,4$ или порошковой проволокой	В лодочку	β_f	0,7			
	Нижнее, горизонтальное, вертикальное, потолочное	β_z	1,0			

Таблица 9 (Таблица 41 [1])

Характеристика		Предел текучести R_{yn} стали соединяемых элементов, Н/мм ²	Значения $a/d, s/d$	Значение коэффициента γ_b
болтового соединения	напряженного состояния			
Одноболтовое, болт классов точности А, В или высокопрочный	Срез	-	-	1,0
	Смятие	До 285	$1,5 \leq a/d \leq 2;$ $1,35 \leq a/d < 1,5$	$0,4a/d + 0,2$ $a/d - 0,7$
		Св. 285 до 375		$0,5a/d$ $0,67a/d - 0,25$
		Св. 375	$a/d \geq 2,5$	1,0
Многоболтовое, болты класса точности А	Срез	-	-	1,0
	Смятие	До 285	$1,5 \leq a/d \leq 2$ $2 \leq s/d \leq 2,5$	$0,4a/d + 0,2$ $0,4s/d$
		Св. 285 до 375		$0,5a/d$ $0,5s/d - 0,25$
		Св. 375	$a/d \geq 2,5$ $s/d \geq 3$	1,0 1,0

Обозначения, принятые в таблице 41:

a - расстояние вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия;

s - расстояние вдоль усилия между центрами отверстий;

d - диаметр отверстия для болта.

Примечания:

1 Для расчета многоболтового соединения на срез и смятие при болтах класса точности В, а также при высокопрочных болтах без регулируемого натяжения при всех значениях предела текучести R_{yn} стали соединяемых элементов значения коэффициента γ_b следует умножать на 0,9.

2 Для расчета многоболтового соединения на смятие следует принимать значение γ_b меньшее из вычисленных при принятых значениях d, a, s .

Таблица 10 (Таблица Г.9 [1])

Площади сечения болтов

<i>d</i> , мм	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42	48
A_b , см ²	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,72	7,06	10,17	13,85	18,09
A_{bn} , см ²	1,57	1,92	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,16	11,20	14,72

Таблица 11 (Таблица Г.5 [1])

Нормативные сопротивления стали болтов и расчетные сопротивления одноболтовых соединений срезу и растяжению, Н/мм²

Класс прочности болтов ГОСТ Р 52627	R_{bun}	R_{byn}	R_{bs}	R_{bt}
5.6	500	300	210	225
5.8	500	400	210	-
8.8	830	665	330	450
10.9	1040	935	415	560
12.9	1220	1100	425	-

Таблица 12 (Таблица Д.1 [1])

Коэффициенты устойчивости при центральном сжатии

Условная гибкость \bar{I}	Коэффициенты φ для типа сечения			Условная гибкость \bar{I}	Коэффициенты φ для типа сечения		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
0,4	999	998	992	5,4	261		255
0,6	994	986	950	5,6	242		240
0,8	981	967	929	5,8		226	
1,0	968	948	901	6,0		211	
1,2	954	927	878	6,2		198	
1,4	938	905	842	6,4		186	
1,6	920	881	811	6,6		174	
1,8	900	855	778	6,8		164	
2,0	877	826	744	7,0		155	
2,2	851	794	709	7,2		147	
2,4	820	760	672	7,4		139	
2,6	785	722	635	7,6		132	
2,8	747	683	598	7,8		125	
3,0	704	643	562	8,0		119	
3,2	660	602	526	8,5		105	
3,4	615	562	492	9,0		094	
3,6	572	524	460	9,5		084	
3,8	530	487	430	10,0		076	
4,0	475	453	401	10,5		069	
4,2	431	421	375	11,0		063	
4,4	393	392	351	11,5		057	
4,6	359	359	328	12,0		053	
4,8	330	330	308	12,5		049	
5,0	304	304	289	13,0		045	
5,2	281	281	271	14,0		039	

Примечание - Значения коэффициентов φ в таблице увеличены в 1000 раз.

Таблица 13 (Таблица Г.6 [1])

Расчетные сопротивления смятию элементов, соединяемых болтами

Временное сопротивление стали соединяемых элементов R_{tm} , Н/мм ²	Расчетные сопротивления R_{bp} , Н/мм ² , смятию элементов, соединяемых болтами	
	класса точности А	классов точности В
360	560	475
370	580	485
380	590	500
390	610	515
430	670	565
440	685	580
450	700	595
460	720	605
470	735	620
480	750	630
490	765	645
510	795	670
540	845	710
570	890	750
590	920	775

Правила заполнения спецификации

В первой колонке «Марка» указывается марка конструктивного элемента для которого составлена спецификация.

В колонке «Поз.» перечислены все элементы входящие в эту отправочную марку (например 1, 2, Д1). Позиция может маркироваться числом (1, 2, ... и т.д.), если элемент простой или деталью (Д1, Д2, ... и т.д.), если элемент сложный и имеет какие-то вырезы, отверстия и т.д.

В колонке «Количество» указывается количество таких позиций в отправочной марке.

В колонке «Сечение» приводятся обозначение принятого сечения. Обозначение состоит из условного знака профиля (по ГОСТ 21.502-2007 и ГОСТ 2.410-68) и номер профиля по сортаменту или размеров. Условные знаки для двутара - Γ , для швеллера - Γ , для уголка - \angle . Для позиций выполненных из стальных листов – (черточка или дефис). Номер профиля приводиться по сортаменту того ГОСТа по которому был принят профиль. Например, обозначение сечения выполненного из двутавра 40Б1 принятого по сортаменту ГОСТ 26020-83 должно быть записано I40Б1, а обозначение стального листа длиной 300мм, шириной 150мм, толщиной 8мм должно быть записано - 300x150x8.

В колонке «Длина» указывается длина позиции в мм.

В колонках «Масса» записываются массы одной шт., общей массы позиции (умноженное на количество позиций) и массы всей отправочной марки (суммы всех входящих в отправочную марку позиций).

В колонке «Марка стали» указывается класс стали, из которой выполняется эта позиция.

Правила подсчета масс.

Для позиций, выполненных из стального листа, масса вычисляется путем перемножения объема стального листа (умножаются длина на ширину на толщину) на плотность стали (плотность стали 7850 кг/м³).

Для позиций, выполненных их прокатных профилей, масса вычисляется путем перемножения длины позиции на вес одного погонного метра соответствующего профиля. Вес одного погонного метра профиля выписывается из сортамента по которому принимался этот профиль при расчете.

Пример заполнения спецификации на отправочный элемент А1 (главная балка).

По расчету был принят двутавр 40Б1 ГОСТ 26020-83. Длина балки 12000мм (по осям). Размеры опорных ребер (принятые в расчете): длина 400мм, ширина 165мм толщина 10мм. Размеры ребер для крепления балок настила расположенные с шагом 1м – длина 373мм, ширина 69мм, толщина 10мм. Главные балки на оголовке колонны располагаются с зазором между опорными ребрами в 20мм.

Позицию 1 присваиваем основному элементу главной балки выполненному из двутавра 40Б1, позицию 2 присваиваем ребрам к которым крепятся балки настила, опорные ребра обозначаем как Д1 (деталь 1).

Подсчитываем массу позиции 1. Погонная масса профиля 40Б1 (из сортамента по ГОСТ 26020-83) 48.1кг. Длина профиля будет составлять 12000-2*10-10-10 = 11960мм. Вычисляем массу позиции 1: 11.96м*48.1кг/м = 575.276кг. Допускается вычислять массу без учета толщин опорных ребер и зазоров. В таком случае масса позиции 1 будет 12м*48.1кг/м = 577.2кг.

Подсчитываем массу позиции 2. При подсчете объема игнорируются любые вырезы и отверстия, так как вычисленное значение массы необходимо будет для заказа соответствующего профиля. Учет вырезов и отверстий приведет к уменьшению заказанного металла и изготовить необходимый элемент будет не возможно из-за его недостатка. Объем стального листа размерами 373x69x10мм равен 0.373м*0.069м*0.01м = 0.00025737м³. Вычисляем массу позиции 2: 0.00025737м³*7850 кг/м³ = 2.02кг.

Количество позиций 2 на главной балке 12*2 = 24шт. Общая масса позиции 2 будет 2.02*24= 48.48г.

Аналогично вычисляем массу позиции Д1

Подсчитываем массу позиции Д1. Объем стального листа размерами 400x165x10мм равен 0.4м*0.165м*0.01м = 0.00066м³. Вычисляем массу позиции Д1: 0.00066м³*7850 кг/м³ = 5.181кг.

Количество позиций Д1 на главной балке 2шт. Общая масса позиции Д1 будет 5.181*2= 10.36кг (учтено округление до сотых долей кг).

Общая масса отправочного элемента А1 будет $577.2\text{кг}+48.48\text{кг}+10.36\text{кг} = 636.04\text{кг}$.

Подсчитанные массы заносят в спецификацию (пример спецификации приведен на рис.9).

Спецификация на отправочный элемент										
Марка	Поз.	Кол., шт.		Сечение	Длина, мм	Масса, кг			Марка стали	Примечание
		г	н			шт.	общ.	элемент.		
А1	1	1		140Б1	11980	577.2	577.2	636.04	С245	
	2	24		-373x69x10	373	2.02	48,48		С245	
	Д1	2		-400x165x10	400	5.18	10.36		С245	

Рис.9. Спецификация на отправочный элемент марки А1 (главная балка).

Примеры выполнения эскизов представлены на рис. 10, 11 и 12.

На листе стадии КМ размещаются монтажная схема или план всей конструкции, необходимые разрезы и монтажные узлы, выполняемые в построечных условиях. Указываются оси, все необходимые размеры и строительные отметки. Каждый элемент должен быть замаркирован. Над основной надписью (штампом) размещают текстовую информацию в виде таблиц и технических требований.

Для чертежа стадии КМ обязательно составляется таблица «Ведомость отправочных элементов» в которой указываются все отправочные марки необходимые для монтажа конструкции.

Правила заполнения ведомости отправочных элементов.

В первой колонке записываются марки элементов. Марки назначаются всем элементам, входящим в конструкцию.

В колонке «Количество» для каждой марки приводят соответствующее количество этой марки.

В колонке «Наименование» указывают название элемента кратко описывающее его.

В колонке «Масса» записывают массу одного элемента (шт.) и общую массу этих элементов (этой марки) (общ.).

Для заполнения этих колонок используют значения полученные при составлении спецификации на соответствующий отправочный элемент (марку).

В низу таблицы приводят сведенные массы по этой таблице, а именно в графе «ИТОГО» - общую массу всех элементов конструкции (сумму по колонке «Масса» «общ.»). В графе «Масса метизов» - подсчитанная масса всех имеющихся металлических изделий необходимых для соединения , чаще всего массу болтов, шайб, гаек и т.д.).

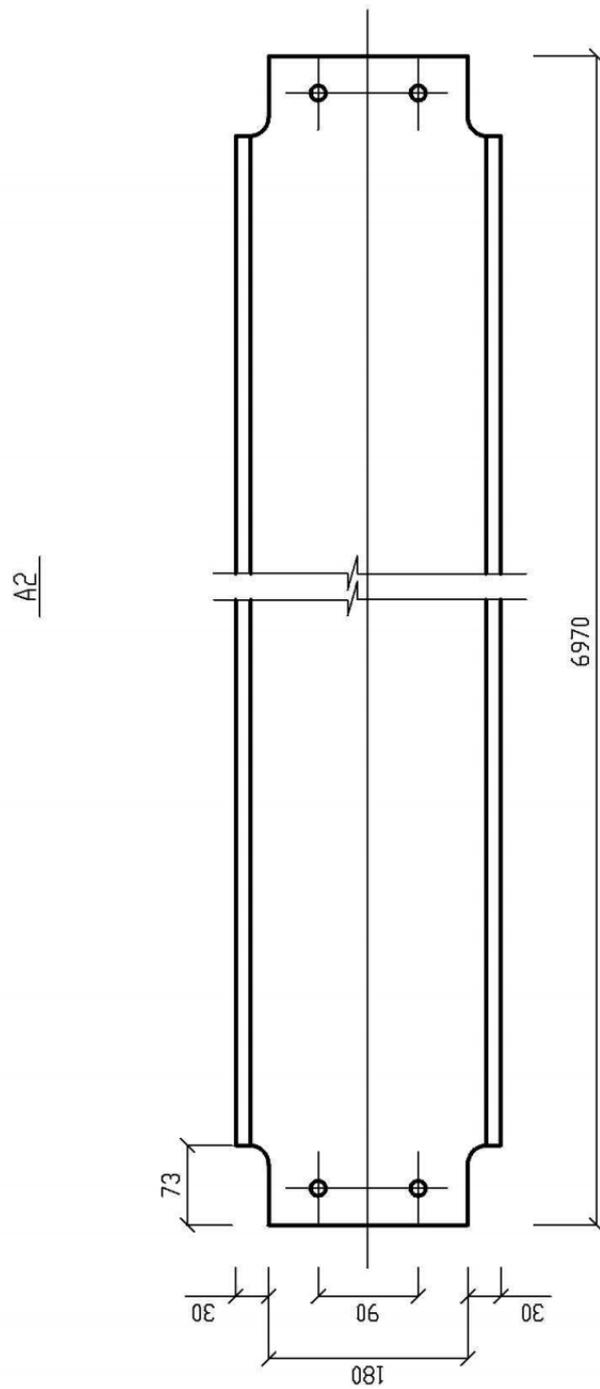
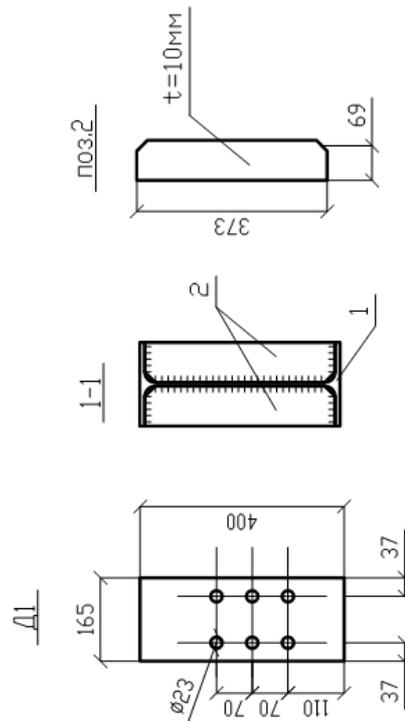
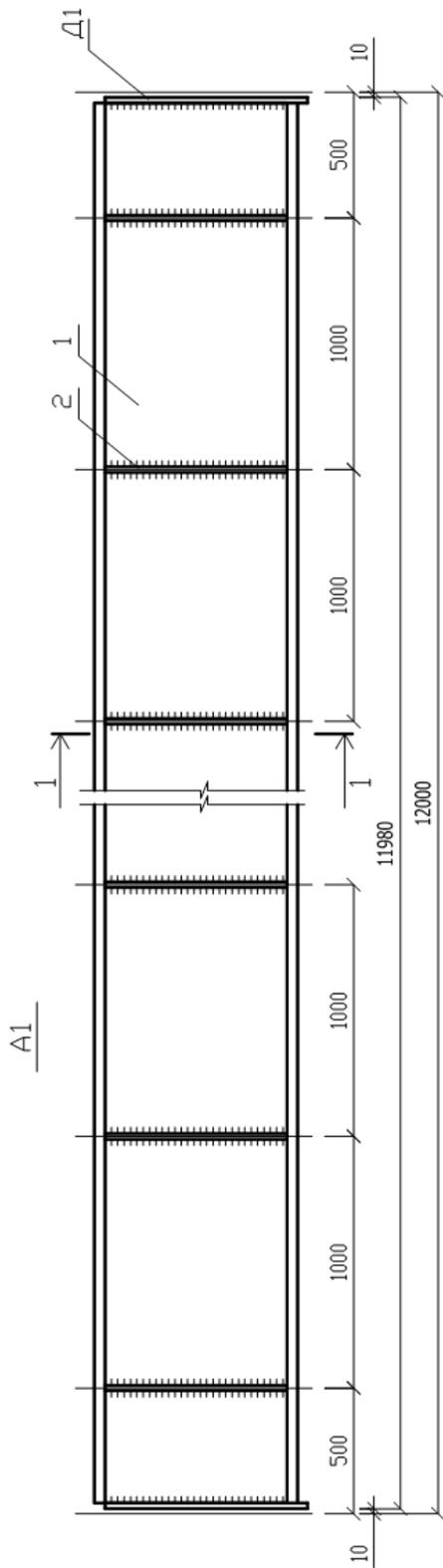


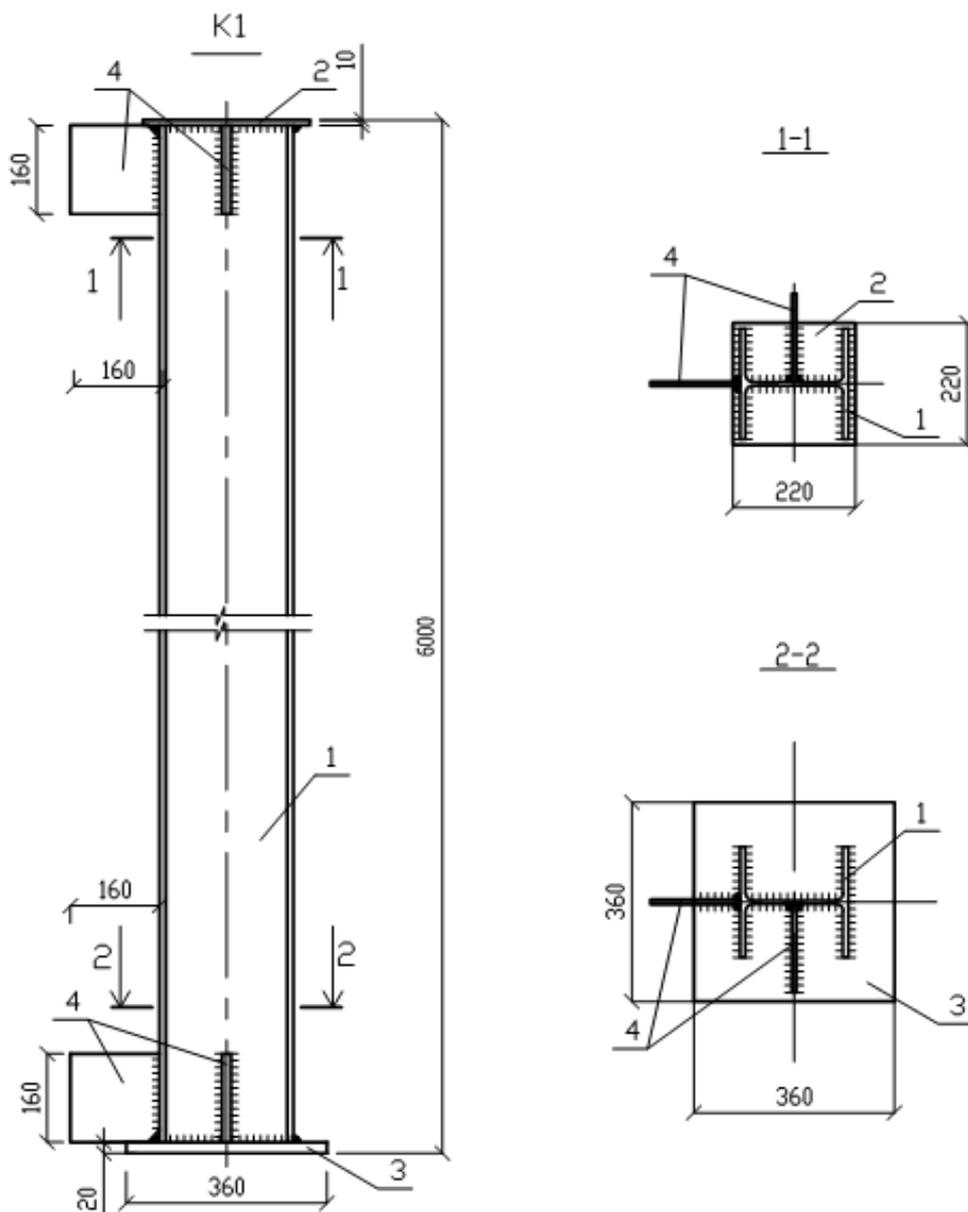
Рис. 10. Эскиз балки настила



Спецификация на отпоровый элемент

Марка	Поз	Кол., шт.		Сечение	Длина, мм	Масса, кг			Марка стали	Примечание
		Т	Н			шт.	общ.	элемент		
А1	1	1		140Б1	11980	577,2	577,2		С245	
	2	24		-373х69х10	373	2,02	48,48	636,04	С245	
	Δ1	2		-400х165х10	400	5,18	10,36		С245	

Рис. 11. Эскиз главной балки



Спецификация на отправочный элемент										
Марка	Поз.	Кол., шт.		Сечение	Длина, мм	Масса, кг			Марка стали	Примечание
		г	н			шт.	общ.	элемент.		
K1	1	1		I20K1	5970	249	249	279,55	C245	
	2	1		-220x220x10	220	3,8	3,8		C245	
	3	1		-360x360x20	360	20,35	20,35		C245	
	4	4		-160x160x8	160	1,6	6,4		C245	

Рис. 12. Эскиз колонны

В курсовом проекте массу метизов назначаем условно порядка одного процента от общей массы (графы «ИТОГО»).

Последней графой является графа «Всего по схеме», где указывается масса всех элементов с учетом метизов. Пример заполнения ведомости отправочных элементов приведен на рис. 13.

<i>Ведомость отправочных элементов схемы</i>						
<i>Марка элемента</i>	<i>Кол. шт.</i>	<i>Наименование</i>	<i>Масса, кг</i>		<i>Номер чертежа</i>	<i>Примечание</i>
			<i>шт.</i>	<i>общ.</i>		
<i>A1</i>	<i>6</i>	<i>Главная балка</i>	<i>636.04</i>	<i>3816.24</i>		
<i>A2</i>	<i>108</i>	<i>Балка настила</i>	<i>218.47</i>	<i>23594.74</i>		
<i>A3</i>	<i>6</i>	<i>Главная балка</i>	<i>611.8</i>	<i>3670.8</i>		
<i>K1</i>	<i>4</i>	<i>Колонна средняя</i>	<i>279.55</i>	<i>1118.2</i>		
<i>K2</i>	<i>8</i>	<i>Колонна крайняя</i>	<i>276.35</i>	<i>2210.8</i>		
<i>K3</i>	<i>4</i>	<i>Колонна угловая</i>	<i>273.15</i>	<i>1092.6</i>		
<i>BC1</i>	<i>4</i>	<i>Вертикальная связь</i>	<i>139,0</i>	<i>556</i>		
<i>BC2</i>	<i>4</i>	<i>Вертикальная связь</i>	<i>255,3</i>	<i>1021,2</i>		
<i>Итого:</i>				<i>33901,2</i>		
<i>Масса метизов, кг:</i>				<i>192,8</i>		
<i>Всего по схеме:</i>				<i>34094,0</i>		

Рис. 13. Ведомость отправочных элементов.

Различия в отправочных марках могут быть за счет конструктивных особенностей того или иного элемента. Так например главная балка имеет две марки А1 и А3. Отличие марки А3 от марки А1 в том, что она располагается на краю рабочей площадки и нет необходимости ставить ребра для крепления балок настила с обеих сторон двутавра, т.к. снаружи рабочей площадки балки настила отсутствуют. Таким образом в марке А3 количество ребер в два раза меньше чем в марке А1.

На чертеже имеются элементы, которые в курсовом проекте не рассчитывались. Такими элементами являются связи. Вертикальные связи обеспечивают пространственную устойчивость всей конструкции рабочей площадки. Они устанавливаются в средних рядах колонн по обоим направлениям. На монтажной схеме и разрезах (те связи, которые не находятся в плоскости чертежа) они обозначены пунктиром. Связи имеют маркировку ВС1 и ВС2. Элементы, входящие в вертикальные связи, и детали крепления их

в курсовом проекте на рассчитываются, а принимаются конструктивно. Связи ВС1, так называемые «крестовые», выполняются из одиночных прокатных уголков L100x7. Связи ВС2 - называемые «портальные» принимаются выполненными из парных уголков L100x7, составленных в тавр. Портальные связи выполняются для обеспечения возможности прохода и проезда людям и подъемно-транспортному оборудованию (электрокарам) на участок между осями Б-В и 2-3. Подсчет металла для связей ведется в упрощенной форме по суммарной длине элементов входящих в рассматриваемую связь. Для крестовой связи находим длину двух диагоналей и умножаем на погонный вес уголка L100x7. Для портальной связи находим длины всех элементов (двух наклонных стержней от баз колонн, одного горизонтального элемента на высоте не менее $2 \div 2.5$ м от пола и шести раскосов между горизонтальным элементом и главной балкой А1) и умножаем на двойной погонный вес уголка L100x7.

Для крепления вертикальных связей к колоннам предусматриваются (на колоннах) фасонки – стальные листы размерами 160x160x8мм (поз. 4 на эскизе «Колонна» - рис. 4), расположенные внизу (около базы колонны) и наверху (у головки). Различие в марках колонн связано с наличием или отсутствием элементов крепления (фасонок) вертикальных связей. Количество и расположение этих фасонок зависит от положения на плане рассматриваемой колонны. Так например имеются колонны марки К2 (угловые колонны) к которым вертикальные связи не подходят. У этой марки фасонки будут отсутствовать. У колонны марки К1 (средние колонны) фасонок для крепления вертикальных связей будет четыре (две наверху около оголовка и две внизу около базы), так как к маркам этих колонн будут крепиться одна вертикальная связь в одном направлении и вторая связь в другом направлении.

Информация, записываемая в технические требования

В технических требованиях записывают информацию, которая касается данного листа и которая помогает его правильно прочитать.

Пример технических требований.

1. На монтажной схеме балки настила условно показаны только в осях Б-В/2-3.
2. Стальной лист настила на чертеже условно не показан.
3. Настил выполнить из стального листа $t=3$ мм.
4. Материал настила сталь С245 ГОСТ 27772-88.
5. Вес настила в спецификациях не учтен.
6. Монтажные швы варить ручной электродуговой сваркой ГОСТ 5264-80, электроды Э42 ГОСТ 9467-75*.
7. Все необозначенные сварные швы имеют катет шва 5 мм.
8. Все отверстия диаметром 23 мм
9. Все болты М20 по ГОСТ 7798-70* нормальной точности, класс прочности 5.8.

БАЛОЧНАЯ КЛЕТКА

Методические указания к курсовому проекту по курсу «Металлические и деревянные конструкции» для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство» профилей «Экспертиза и управление недвижимостью» и «Городское хозяйство и строительство»

Составитель: Дымолазов М.А.

Редактор
Корректор

Издательства

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать

Формат 60x84/16

Заказ №

Печать ризографическая

Усл. -печ. л. 2.3

Тираж 60 экз.

Бумага офсетная №1

Уч. -изд. л. 2.43

Отпечатано в полиграфическом секторе

Издательства КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая д. 1