

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПРИАЗОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИСПО ФГБОУ ВО «ПГТУ»



И.Ф. Литвиненко

2023 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ДЛЯ НАПИСАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

ПО МОДУЛЮ
ПМ.02 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ
по дисциплинарному курсу
МДК.02.01 Основы расчета и проектирования сварных конструкций

по специальности 22.02.06 Сварочное производство

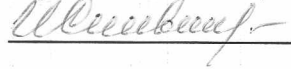
Мариуполь
2023

ОДОБРЕНО

Цикловой комиссией
Сварочного производства

Протокол № 2 от 19.09.2023 г.

Председатель ЦК



И.В. Сивирин

Разработаны на основе
Федерального государственного
образовательного стандарта
среднего профессионального
образования

22.02.06 Сварочное производство

(Приказ Минобрнауки России от
21.04.2014 г. № 360)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по учебно-методической работе



Т.С. Олейникова

« 19 » 09 2023 г.

Разработчик:

Букша Н.В. преподаватель специальных дисциплин ИСПО ФГБОУ ВО «ЛГТУ»,
первая квалификационная категория

СОДЕРЖАНИЕ

Задачи курсового проектирования	4
Содержание курсового проекта	4
Методические рекомендации по разработке содержания пояснительной записки	5
Методические рекомендации по выполнению графической части	16
Список рекомендуемой литературы	17
Приложение	18

ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проектирования является выработка у обучающихся привычек самостоятельного решения технологических и организационных задач по расчету и проектированию сварных конструкций на основе знаний, полученных во время изучения специальных дисциплин в процессе прохождения практики, научить пользоваться технической литературой, нормативами, государственными стандартами и другими справочными материалами. Проект дает возможность установить степень усвоения обучающимися знаний, полученных из специальных дисциплин, умение применять эти знания, а также подготовить обучающегося к выполнению дипломного проекта.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительная записка содержит:

Введение

1 Общая часть

1.1 Выбор материала колонны

2 Расчетная часть проекта

2.1 Подбор сечения колонны

2.2 Расчет и конструирование базы колонны

2.3 Расчет и конструирование оголовка колонны

Список использованных источников

3 Графическая часть проекта

Лист 1 Чертеж общего вида центрально-сжатой колонны

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

ВВЕДЕНИЕ

Во введении необходимо раскрыть такие вопросы:

- данные о развитии и применении сварки;
- роль и значение сварки в той отрасли промышленности, к которой относится заданная сварная конструкция;
- достижения в этой отрасли сварочного производства и недостатки, которые надо решать;
- перспективы развития отрасли промышленности, к которой относится сварная конструкция (необходимо указать актуальность разрабатываемой темы).

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Выбор материала колонны

Эти вопросы следует раскрыть в такой последовательности:

- указать материал конструкции;
- привести химический состав, механические свойства материала конструкции;
- дать оценку свариваемости металла конструкции.

Механические свойства и химический состав металла выбирают из литературы [4], приводят в виде таблиц, образцы которых приведены ниже.

Таблица 1 — Химический состав стали ... ГОСТ ...

Марка стали	Содержание элементов, %								
	C	Mn	Si						

Таблица 2 — Механические свойства стали ... ГОСТ ...

Марка стали	ГОСТ	Временное сопротивление разрыву σ_B , Н/мм ²	Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость A, Дж/см ²

2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Подбор сечения стержня колонны

При первом варианте расчета колонны подбираем сплошное сечение стержня в виде симметричного двутавра (рисунок 1).

2.1.1 Определение требуемой площади сечения

Задаемся в первом приближении значением коэффициента продольного изгиба $\varphi = 0,8$.

Определяем ориентировочно требуемую площадь сечения колонны по формуле:

$$F_{тр} = \frac{N}{\varphi \cdot m \cdot R}, \quad (1)$$

где N - усилие, действующее на колонну, Н;

φ - коэффициент продольного изгиба, $\varphi = 0,8$;

m - коэффициент условий работы, $m = 1$;

R - расчетное сопротивление материала колонны, МПа (см. таблицу 3).

Таблица 3 - Расчетные сопротивления сталей, МПа

Условное обозначение	Углеродистая сталь		Низколегированная сталь			
	Ст 3 Ст 4	Ст 5	14Г2 и 15ГС		10Г2С	10ХСНД
			$\delta < 20\text{мм}$	$\delta > 20\text{мм}$	10Г2СД 15ХСНД	
R	210	230	290	280	280	340

2.1.2 Определение расчетной длины колонны в зависимости от способа закрепления концов

Расчетная длина колонны определяется по формуле:

$$l_p = \mu \cdot H, \quad (2)$$

где l_p - расчетная длина колонны, м;

μ - коэффициент расчетной длины (см. приложение 2);

H - высота колонны, м.

2.1.3 Определение габаритов сечения

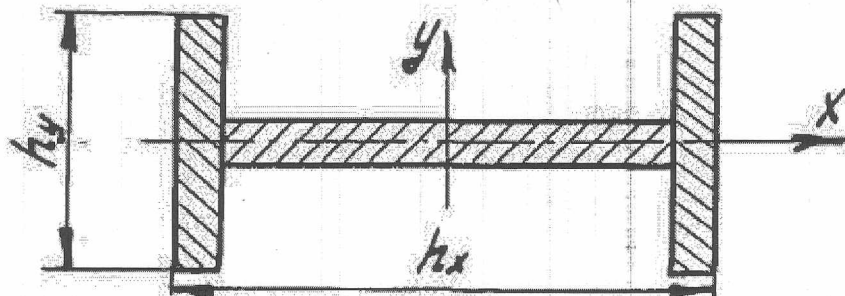


Рисунок 1 – Схема сечения стержня

Чтобы быстрее приблизиться к оптимальному сечению, вначале следует пользоваться некоторыми соотношениями в колоннах.

Габарит сечения h_x вначале принимают по таблице 4.

Таблица 4

ℓ_p , м	до 12	12-16	более 16
h_x , м	$\frac{1}{15} \cdot \ell_p$	$\frac{1}{18} \cdot \ell_p$	$\frac{1}{20} \cdot \ell_p$

Габарит сечения h_y определяют по формуле:

$$h_y = 1,3 \cdot \frac{\ell_p}{k_x \cdot 120} \quad (3)$$

Коэффициент k_x для широкополочного двутавра $k_x=0,24$.

Принимаем h_y в соответствии с ГОСТ 82-70 на сталь широкополосную, из которой будем изготавливать пояса (таблица 5).

Ширину пояса h_y обычно делают больше h_x , т.е. $h_y \leq h_x$.

Таблица 5 - Сталь универсальная (по ГОСТ 82-70)

Толщина листов (полос), мм	Ширина листов (полос), мм	Длина листов, мм
6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40	200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 480, 530, 560, 600, 630, 650, 670, 700, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050	5000-18000

2.1.4 Подбор толщины стенки и пояса

В сварочном двутавре толщину стенки принимают обычно $\delta_{ст} = 6 \div 14$ мм, а толщину поясов $\delta_{п} = 8 \div 40$ мм, (сечение экономичнее, когда больше металла сосредоточено в поясах, поэтому стенка должна быть как можно тоньше). Кроме того, следует стремиться к такому распределению общей площади сечения, чтобы

около 75 % приходилось на долю поясов, т.е. $\delta_{см} = \frac{h_{см}}{75}$.

Согласно ГОСТ 83-70 принимаем сечение колонны размерами:

пояс – 2 листа $h_y \cdot \delta_{п}$, площадью $2 \cdot h_y \cdot \delta_{п} = \dots \text{мм}^2$;

стенка – 1 лист $h_{ст} \cdot \delta_{ст}$, площадью $h_{ст} \cdot \delta_{ст} = \dots \text{мм}^2$.

Площадь колонны $F = \dots \text{мм}^2$.

Вычерчиваем эскиз сечения (рисунок 2).

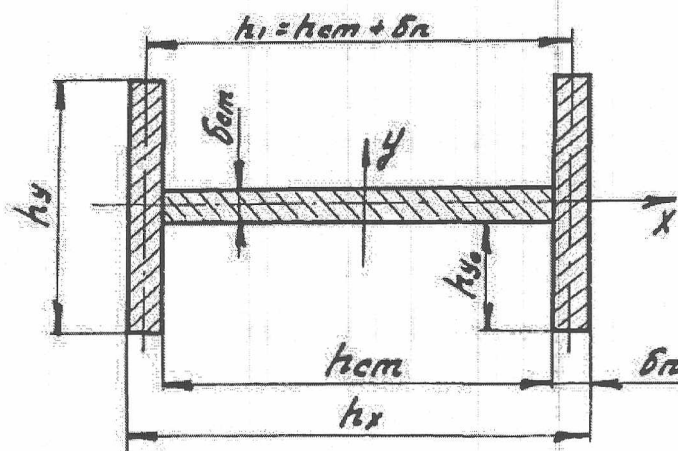


Рисунок 2

2.1.5 Проверка выбранного сечения

Определяем геометрические характеристики принятого сечения:

$$I_x = 2 \cdot \frac{\delta_n \cdot h_y^3}{12} + \frac{h_{см} \cdot \delta_{см}^3}{12}, \text{ мм}^4; \quad (4)$$

$$I_y = \frac{\delta_{см} \cdot h_{см}^3}{12} + 2 \cdot \frac{h_y \cdot \delta_n^3}{12} + 2 \cdot h_y \cdot \delta_n \cdot \left(\frac{h_1}{2}\right)^2, \text{ мм}^4. \quad (5)$$

Определяем минимальный радиус инерции:

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F}}, \quad (6)$$

где r_{\min} – минимальный радиус инерции, мм;

I_{\min} – минимальный момент инерции, наименьшие из значений I_x и I_y , мм⁴;

F - фактическая площадь сечения, мм².

Определяем наибольшую гибкость:

$$\lambda_{\max} = \frac{\ell_p}{r_{\min}}. \quad (7)$$

Наибольшая гибкость не должна превышать предельное значение $\lambda = 120$, т.е. $\lambda_{\max} \leq 120$.

По таблице 4 по λ и марке стали находим коэффициент продольного изгиба φ .

Таблица 6 - Коэффициент φ продольного изгиба центрально-сжатых стержней

Гибкость λ	Ст3; Ст4	Ст5	14Г2; 15ГС; 10Г2С; 15ХС	10ХСНД
0	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,98	0,98
20	0,97	0,96	0,95	0,95
30	0,95	0,93	0,92	0,92
40	0,92	0,89	0,89	0,88
50	0,89	0,85	0,81	0,82
60	0,86	0,80	0,78	0,77
70	0,81	0,74	0,71	0,68
80	0,75	0,67	0,63	0,59
90	0,69	0,59	0,54	0,50
100	0,60	0,50	0,46	0,43
110	0,52	0,43	0,39	0,36
120	0,45	0,37	0,33	0,31
130	0,40	0,32	0,29	0,27
140	0,36	0,28	0,25	0,23
150	0,32	0,25	0,23	0,20
160	0,29	0,23	0,21	0,18
170	0,26	0,21	0,19	0,16
180	0,23	0,19	0,17	0,14
190	0,21	0,17	0,15	0,12
200	0,19	0,15	0,13	0,11

2.1.5.1 Проверка на прочность и устойчивость стержня колонны

Прочность сплошной колонны проверяют по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F} \leq R. \quad (8)$$

В расчетах допускается как перегруз, так и недогруз до 5 %:

$$\Delta\sigma = \frac{R - \sigma}{R} \cdot 100\% . \quad (9)$$

Если сечение не подошло, то его изменяют в нужную сторону и повторяют проверку.

Местная устойчивость полок двутаврового сечения, зависит, от марки стали, гибкости стержня (с увеличением гибкости реальные напряжения в элементе уменьшается). Она будет обеспечена, если отношение свеса пояса h_{yo} (рисунок 2) к его толщине не будет превышать величин, приведенных в таблице 7.

Таблица 7 – Предельное значение $h_{yo}/\delta_{п}$ для полок двутавров

Марка стали	Гибкость λ				
	25	50	75	100	125
Ст 3, Ст 4	14	15	16,5	18	20
14Г2,15ГС, 10Г2С, 10Г2СД, 15ХСНД	12	12	14,5	16,5	18,5
10ХСНД	11	13,5	14	16	17,5

Местная устойчивость стенки двутавра будет обеспечена при условии:

$$\frac{h_{ст}}{\delta_{ст}} \leq 40 \cdot \sqrt{\frac{210}{R}} + 0,4 \cdot \lambda , \quad (10)$$

где R - расчетное сопротивление стали, МПа.

Если предельное отношение $h_{ст}/\delta_{ст}$ не может быть выдержано, то стенку колонны можно укрепить продольными ребрами.

2.1.6 Конструирование ребер жесткости

Поперечные парные ребра, выполняющие роль промежуточных диафрагм, ставим по высоте через каждые $(2,5 \div 3) \cdot h_x$ и это расстояние не должно превышать 4 м.

$$\text{Ширина поперечных ребер } v_p \geq \frac{h_x}{30} + 40 \text{ мм.} \quad (11)$$

$$\text{Толщина } \delta_p \geq \frac{v_p}{15} . \quad (12)$$

Швы ребер сплошные, угловые, тавровые $k = 4$ мм.

2.2 Расчет и конструирование базы колонны

2.2.1 Определение размеров опорной плиты в плане

Требуемая площадь опорной плиты с учетом веса колонны определяется по формуле:

$$F_{пл} = \frac{N}{R_{см}^B}, \quad (13)$$

где N - расчетное усилие в колонне, Н;

$R_{см}^B$ - расчетное сопротивление сжатию (смятию) материала фундамента (см. таблицу 8).

Таблица 8

№ п/п	Марка бетона	Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию
1	М 100	$R_{см}^B = 4,5$ МПа
2	М 150	$R_{см}^B = 7$ МПа
3	М 200	$R_{см}^B = 9$ МПа

Определив требуемую площадь плиты, устанавливаем первоначально ее ширину $B_{пл}$, которая зависит от принятой конструкции башмака и условия размещения анкетных болтов. После этого находим длину плиты.

$$l_{пл} \geq \frac{F_{пл}}{b_{пл}}. \quad (14)$$

Принимаем траверсы толщиной $t_{тр} = 8 \div 12$ мм с выпуском на них плиты на расстояние $c_{пл} = 40 \div 60$ мм (рисунок 7).

Ширина плиты

$$b_{пл} = h_y + 2 \cdot (t_{тр} + c_{пл}), \quad (15)$$

где h_y - ширина сечения стержня колонны (см. рисунок 2).

Окончательно размеры $B_{пл}$ и $l_{пл}$ принимаем в соответствии с сортаментом (ГОСТ 82-70).

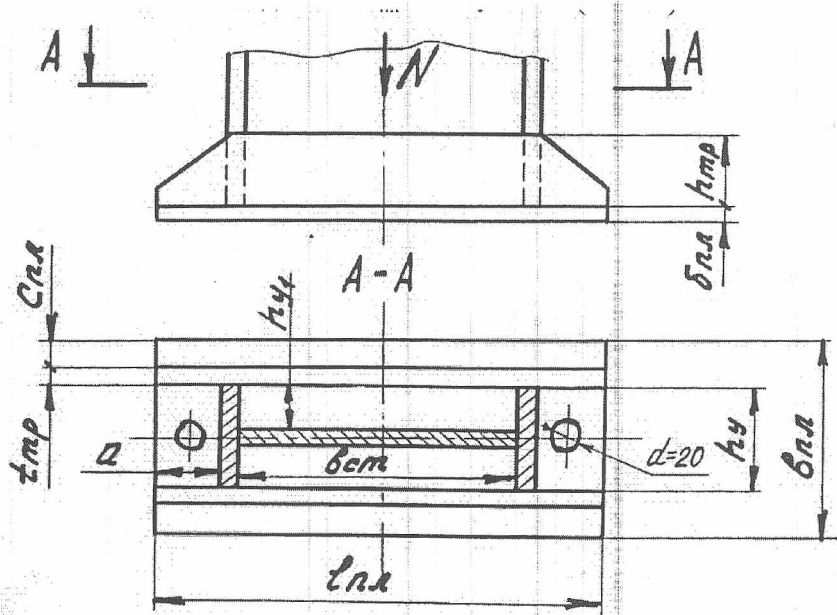


Рисунок 3 – Схема базы колонны

Толщину плиты определяем исходя из условия ее работы на изгиб. Для этого вначале определяем реактивный отпор фундамента.

$$\sigma_B = \frac{N}{F_{пл}} \leq R_{см}^B. \quad (16)$$

Максимальный момент определяется по формуле:

$$M_{\max} = \alpha \cdot \sigma_B \cdot h_y^2, \quad (17)$$

где α - коэффициент, принимаемый по таблице 9, в зависимости от отношения сторон $\frac{h_{ст}}{h_y}$.

Таблица 9

$h_{ст}/h_y$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	2	Более 2
α	0,06	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,12	0,126	0,132	0,133

Требуемая толщина опорной плиты

$$\delta_{пл} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{R}}. \quad (18)$$

Толщину опорной плиты принимают в пределах 16÷40 мм согласно

ГОСТ 82-70.

2.2.2 Расчет и конструирование траверсы базы

Определяем необходимую высоту траверсы $h_{тр}$ при четырех сварных швах. Задаёмся катетом шва $k = t_{тр}$.

Тогда

$$h = \frac{N}{4 \cdot \beta \cdot k \cdot R_y^{cs}} + \delta, \quad \delta = 1 \text{ см.} \quad (19)$$

Высоту траверсы $h_{тр}$ принимаем согласно сортаменту ГОСТ 82-70. Производим проверку прочности траверсы на изгиб и срез по формулам

$$\sigma = \frac{M_{тр}}{W_{тр}} = \frac{6 \cdot M_{тр}}{t_{тр} \cdot h_{тр}^2} \leq R \quad \text{и} \quad (20)$$

$$\tau = \frac{Q}{t_{тр} \cdot h_{тр}} \leq R_{ср}, \quad (21)$$

где $M_{тр} = \frac{q_{тр} \cdot a^2}{2}$ и $Q_{тр} = q_{тр} \cdot a$;

a – см. рисунок 7;

$q_{тр}$ – нагрузка на единицу длины одного листа траверсы;

$$q_{тр} = \sigma_B \cdot \left(\frac{h_{yl}}{2} + t_{тр} + c_{пл} \right);$$

$R_{ср}$ – расчётное сопротивление сталей срезу, МПа (см. таблицу 10).

Таблица 10 - Значения $R_{ср}$, МПа

Условное обозначение	Углеродистая сталь		Низколегированная сталь			
	Ст 3 Ст 4	Ст 5	14Г2 и 15ГС		10Г2С	10ХСНД
			$\delta < 20 \text{ мм}$	$\delta > 20 \text{ мм}$	10Г2СД 15ХСНД	
$R_{ср}$	130	140	170	170	170	200

2.3 Расчет и конструирование оголовка колонны

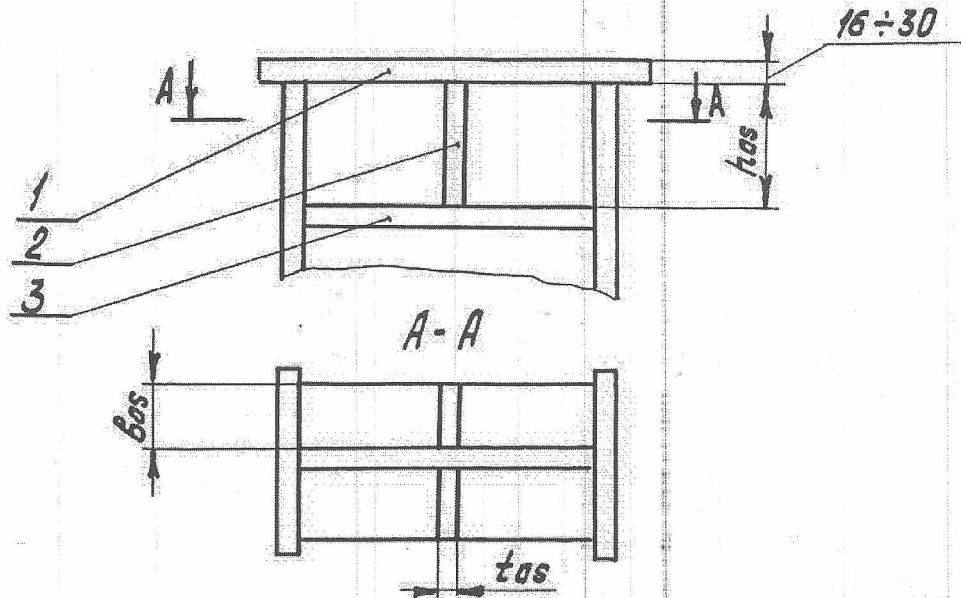


Рисунок 4 - Схема конструкции оголовка:
1-опорная плита; 2-опорное ребро оголовка; 3-поперечное ребро

Толщина опорной плиты назначается конструктивно в пределах $16 \div 30$ мм.
Для определения ширины и длины верхней плиты оголовка (рисунок 4 поз. 1) вычерчиваем в масштабе сечения размерами h_x и h_y , задаемся конструктивно $m = d = 30 \div 50$ мм.

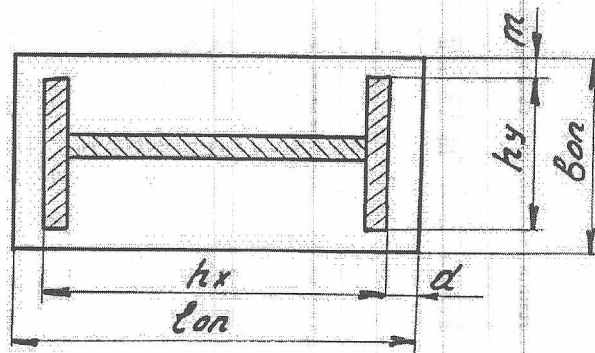


Рисунок 5 – Схема для определения размеров плиты оголовка

Далее определяем необходимую толщину ребра t_{os} , исходя из условий прочности на сжатие.

$$t_{os} \geq \frac{V}{\sigma_{os} \cdot R}, \quad (22)$$

где V – опорная реакция одной балки, т.к. колонна работает на центральное сжатие под действием давления, оказываемого опирающимися

балками, то $V = \frac{N}{2}$.

Определяем высоту ребра

$$h_{os} = \frac{N}{4 \cdot \beta \cdot \kappa \cdot R_y^{ce}} + \delta, \quad \delta = 1 \text{ см}; \quad \kappa = t_{os}. \quad (23)$$

Проверяем ребра на срез.

$$\tau = \frac{N}{2 \cdot t_{os} \cdot h_{os}} \leq R_{cp}. \quad (24)$$

Для увеличения жесткости вертикальных ребер оголовка и жесткости стенки при больших нагрузках устраивают обрамление из горизонтальных ребер (рисунок 4 поз.3).

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графический материал курсового проекта должен выполняться в соответствии с основными требованиями действующих государственных стандартов и нормативных документов.

Графическая часть курсового проекта содержит 1 лист формата А1.

Сборочный чертеж сварной металлоконструкции. Приводится общий вид сварной колонны с необходимым количеством проекций, разрезов и сечений, характеризующих конструкцию изделия и сварных соединений.

Чертеж сопровождается спецификацией. Спецификация составляется на отдельном листе.

Спецификация состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- документация;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

Образец оформления графической части приведен в приложении.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 82-70. Сталь прокатная широкополосная универсальная Сортамент.
2. Крохалев В. Г. Технология изготовления металлических конструкций: учеб. пособие / В. Г. Крохалев, А. А. Чебыкин; [науч. ред. В. Х. Куршпель]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 180 с.
3. Овчинников В.В. Расчет и проектирование сварных конструкций: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Овчинников. - 3-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2015. — 256 с.
4. Федосов С. А., Оськин И. Э. Основы технологии сварки: учебное пособие. 3-е изд., испр. - М.: Инновационное машиностроение, 2021. - 125 с.

Формат Зона Поз		Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
<i>Документация</i>					
A1		КП 22.02.06 00 00 01 100 СБ	Сборочный чертеж		
A4		КП 22.02.06 00 00 01 000 ПЗ	Пояснительная записка		
<i>Детали</i>					
1/4	1	КП 22.02.06 00 00 01 101	Опорная плита	1	
1/4	2	КП 22.02.06 00 00 01 102	Поперечное ребро	2	
1/4	3	КП 22.02.06 00 00 01 103	Стенка	1	
1/4	4	КП 22.02.06 00 00 01 104	Пояс	2	
1/4	5	КП 22.02.06 00 00 01 105	Траверса	2	
1/4	6	КП 22.02.06 00 00 01 106	Опорный лист	1	
1/4	7	КП 22.02.06 00 00 01 107	Опорное ребро оголовка	2	
1/4	8	КП 22.02.06 00 00 01 108	Ребро жесткости	10	
КП 22.02.06 00 00 01 100					
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Гладков Б.Н.			
	Проб.	Букша Н.В.			
	Исполн.				
Утв.					
КОЛОННА			Лист	Лист	Листов
			9	1	1
			ИСПО ФГБОУ ВО "ПГТУ" группа 09-СП-21		
Копировал			Формат А4		