

Практическая работа №19

Тема: Расчет центрально-сжатой колонны из прокатного двутавра

Цель: Научиться проводить расчет сварных колонн на прочность и жесткость

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями
2. Рассчитать и спроектировать центрально-сжатую колонну из прокатного двутавра в соответствии с вариантом
3. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
4. Представить **отчет по практической работе и ответы** на контрольные вопросы в электронном виде на проверку в течение трех дней со дня выдачи задания.

С уважением, *Гнатюк Ирина Николаевна*.

При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46

Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

Теоретические сведения

Порядок расчета

1. Выбор прокатного двутавра для стержня колонны

Определить расчетную высоту колонны:

$$l=l_x=l_y=\mu \cdot H, \text{ м}$$

где μ - коэффициент расчетной высоты (для случая двух шарнирных креплений колонны $\mu = 1$)

Определить нужную площадь поперечного сечения стержня колонны :

$$A_{\text{тр}} = \frac{N}{\varphi * R_y} = \frac{N}{(0,7...0,9)R_y}, \text{ см}^2,$$

где N - продольная расчетная сила, кН

$R_y = 0,9 \sigma_T$ – расчетное сопротивление заданной стали, кН/см² (см. табл. 1).

Необходимо перевести МПа в кН/см², например, $R_y = 230 \text{ МПа} = 23 \text{ кН/см}^2$

$\varphi_0 = 0,7...0...0,9$ –коэффициент продольного сгиба, принимаем среднее значение $\varphi_0 = 0,8$

Таблица 1

Расчетные сопротивления листового проката для стальных конструкций

Марка стали	Толщина проката, мм	Расчетное сопротивление, МПа	
		Предел текучести	Временное сопротивление
09Г2	4...10	310	440
	11...20	300	430
ВСт3кп1	4...10	220	345
	11...20	210	340
10Г2С1	4...9	330	465
	10...20	320	455
18пс	4...20	230	360
14Г2	4...9	320	440
	10...32	310	430

Определение необходимого минимального радиуса инерции сечения:

$$i = \frac{l}{\lambda_{и}}, \text{ см}$$

где $\lambda_{и}$ – гибкость стержня колонны (принимается в зависимости от материала колонны и коэффициента продольного изгиба (см. табл. 2)).

Таблица 2

Коэффициент ϕ продольного изгиба центрально-сжатых элементов

Гибкость элементов	Расчетные сопротивления $R = 0,9 \sigma_{т}$, МПа							
	200	240	280	320	400	480	520	600
30	939	931	924	917	900	895	891	883
40	906	894	883	873	854	849	832	820
50	869	852	836	822	796	775	764	729
60	827	805	785	766	721	672	650	608
70	782	754	724	687	623	568	542	494
80	734	686	641	602	532	471	442	386
90	665	612	565	522	447	380	349	305
100	599	542	493	448	369	309	286	250
110	537	478	427	381	306	258	239	209
120	479	419	366	321	260	219	203	178
130	425	364	313	276	223	189	175	153
140	376	315	272	240	195	164	153	134
150	328	276	239	211	171	145	134	118
160	290	244	212	187	152	129	120	105
170	259	218	189	167	136	115	107	94
180	233	196	170	150	123	104	97	85
190	210	177	154	136	111	98	88	77
200	191	161	140	124	101	86	80	71

Примечание: Значения коэффициентов ϕ в таблице увеличены в 1000 раз

По таблицам сортамента ГОСТ 8239-72 по условиям

$i \approx i_y$ и $A_{тр} \approx A$ принимаем нормальный двутавр с характеристиками: A , h , b , d .

Определение фактической гибкости колонны $\lambda = \frac{l}{i_y} \leq \lambda_{н}$

По фактической гибкости определяем фактический коэффициент продольного изгиба φ_1 (см. табл. 2).

Проверка стойкости колонны: $\sigma = \frac{N}{\varphi_1 A} \leq R_y \cdot v_c$,

где $v_c = 1$ - коэффициент условий работы

Если условие выполняется, принимаем окончательно выбранный двутавровый профиль.

Прочность колонны не проверяем, так как колонна не имеет отверстий.

Местную стойкость стойки и полок не проверяем, так как колонна запроектирована из проката.

2. Расчет базы колонны

Определение необходимой площади опорной плиты :

$$A_{оп} = \frac{N}{R_b}, \text{ см}^2$$

где $R_b = 0,70 \text{ кН/см}^2$ (7,0 МПа) - расчетное сопротивление сжатия бетона.

Принимаем конструктивные размеры плиты $B \times L$, при условии, которое

$B \times L > A_{оп}$ и определяем фактическую площадь опорной плиты A_1

Проверка нагрузки на фундамент (расчетное давление на 1 см^2 опорной плиты): $q = \frac{N}{A_1} \leq R_b$

Если условие выполняется, принимаем окончательно выбранные размеры опорной плиты.

Принимаем базу из стальной плиты с передачей всех усилий через сварные швы и проводим расчет ее по максимальному моменту на консольной части.

Определение момента на консоли: $M_1 = \frac{q^* a_1^2}{2}$, кН/ см

где a_1 – расстояние от края плиты до полки двутавра (см. рисунок)

Определение момента на участке, опертой на три стороны в соотношении

$$\frac{b_1}{a} < 0,5 :$$

$$M_2 = \frac{q^* b_1^2}{2}, \text{ кН/ см}$$

где b_1 – расстояние от края плиты до пояса двутавра (см. рисунок)

Для дальнейших расчетов используем значение большего из моментов.

Определение толщины плиты:
$$t_{пл} = \sqrt{\frac{6M_{max}}{R_y * v_c}}, \text{ см}$$

где $v_c = 1,2$ - коэффициент условий работы

Окончательно принимаем толщину плиты по ГОСТ 19903-74 (см.табл.3).

Таблица 3

Толстолистовая сталь (ГОСТ 19903-74)

Размеры листов	Значения размеров, мм
Длина	2000, 2500, 2800, 3000, 3500, 4000, 4200, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000
Ширина	600, 710, 100, 1250, 1400, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000
Толщина	3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 50, 60, 80, 100

2. Расчет катета шва

Определение длины сварных швов $\Sigma L_{шва}$ согласно выбранному профилю двутавра (см. рисунок):

$$\Sigma L_{шва} = 2(2b + h - d), \text{ см}$$

Определение высоты катета шва:

$$k_f = \frac{N}{\Sigma L_{шва} * \beta_f * R_{wf} * v_{wf} * v_c}, \text{ см}$$

β_f – коэффициент, который зависит от способа сварки (см. табл..4)

Таблица 4

Значения коэффициентов β_f и β_z

Сварка	Диаметр сварочной проволоки d, мм	Положение шва	Коэффициент	Значения β_f и β_z при катетах швов, мм			
				3-8	9-12	14-16	18 и более
Автоматическая	3-5	В «лодочку»	β_f	1,1			1,07
			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 полуавтоматическая	1,4-2	В «лодочку»	β_f	0,9	0,8	0,7	
			β_z	1,05	1,0		
		Нижнее	β_f	0,9	0,8	0,7	
			β_z	1,05	1,0		
Ручная полуавтоматическая паволокой: - сплошного сечения - порошковой	Более 1,4 -	В лодочку, нижнее, горизонтальное, вертикальное потолочное	β_f	0,7			
			β_z	1,0			

R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва сварных соединений с угловыми швами (см. табл.5)

$v_c = v_{wf} = 1$ -коэффициента условий работы колонны и сварного шва

Высоту катету шва необходимо принимать не меньше чем 6 мм (0,6 см)

Таблица 5

Нормативные расчетные сопротивления металла швов сварных соединений с угловыми швами

Сварочные материалы		R_{wun}	R_{wf}
Тип электрода (по ГОСТ 9467-75)	Марка проволоки	МПа	
Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А	СВ.08, СВ.08А,	410	180
	СВ.08ГА,	450	200
	СВ.10ГА, СВ.08Г2С, СВ.08Г2СЦ, ПП-АН8, ПП-АН3	490	215
Э60	СВ.08Г2С*, СВ.08Г2СЦ*, Св.10НМА, Св.10Г2	590	240
Э710	Св.10ХГ2СМА, Св. 08ХН2ГМЮ	685	280
Э85	-	835	340

Примечание: * - только для однопроходных швов с катетом $k_f \leq 8$ мм в конструкциях из стали с пределом текучести 440 МПа и более

Задание для практической работы

Провести расчет центрально-сжатой колонны из прокатного двутавра, если известно усилие N и высота колонны H . Колона шарнирно закреплена снизу и сверху. Бетон фундамента марки М150, расчетное сопротивление сжатию бетона $R_b = 0,70 \text{ кН/см}^2 (=7,0 \text{ МПа})$.

Исходные данные по вариантам

№ варианта	N , кН	H , м	Способ сварки	Материал
1	488	1,5	Ручная	09Г2
2	489	1,6	П / автоматическая	18пс
3	490	1,7	Ручная	ВСт3кп1
4	491	1,8	П / автоматическая	14Г2
5	492	1,9	Ручная	10Г2С1
6	493	2,0	П / автоматическая	09Г2
7	494	2,1	Ручная	18пс
8	495	2,2	П / автоматическая	ВСт3кп1
9	496	2,3	Ручная	14Г2
10	497	2,5	П / автоматическая	10Г2С1
11	498	1,5	Ручная	09Г2
12	499	1,6	П / автоматическая	18пс
13	500	1,7	Ручная	ВСт3кп1
14	501	1,8	П / автоматическая	14Г2
15	502	1,9	Ручная	10Г2С1

Пример выполнения практической работы

Провести расчет центрально-сжатой колонны из прокатного двутавра, если известно усилие $N = 400$ кН и высота колонны $H = 1,5$ м. Колонна шарнирно закрепленная снизу и сверху. Бетон фундамента марки М150, расчетное сопротивление сжатию бетона $R_b = 0,70$ кН/см² ($= 7,0$ МПа). Материал колонны - сталь Вст3псб-1.

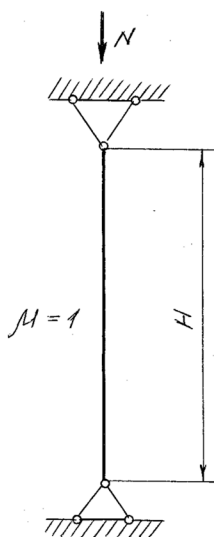


Рисунок 1 - Схема колонны

1. Выбор прокатного двутавра для стержня колонны

1.1. Расчетная высота колонны:

$$l = l_x = l_y = \mu \cdot H = 1 \cdot 300 = \text{см}$$

где $\mu = 1$ - коэффициент расчетной высоты в случае двух шарнирных креплений колонны)

1.2. Необходимая площадь поперечного сечения стержня колонны :

$$A_{\text{тр}} = \frac{N}{\varphi \cdot R_y} = \frac{N}{(0,7 \dots 0,9) R_y} = \frac{400}{0,8 \cdot 19,8} = 25,2 \text{ см}^2,$$

где N - продольная расчетная сила, кН

$R_y = 0,9 \sigma_T = 0,9 \cdot 22 = 19,8$ кН/см² - расчетное сопротивление заданной стали (см. табл. 1).

$\varphi_0 = 0,7 \dots 0 \dots 0,9$ - коэффициент продольного сгиба, принимаем среднее значение $\varphi_0 = 0,8$

1.3. Необходимый минимальный радиус инерции сечения:

$$i = \frac{l}{\lambda_{\text{и}}} = \frac{150}{70} = 2,14 \text{ см}$$

где $\lambda_{\text{и}} = 70$ - гибкость стержня колонны (принимается в зависимости от материала колонны и коэффициента продольного сгиба (см. табл. 2).

За таблицами сортамента (ГОСТ 8239-72) по условиям $i \approx i_y$ и $A_{\text{тр}} \approx A$

принимаем двутавр №22 с характеристиками:

$$A = 30,6 \text{ см}^2, h = 22 \text{ см}, b = 11 \text{ см}, d = 5,4 \text{ см}, i_y = 2,27 \text{ см}$$

1.4. Фактическая гибкости колонны

$$\lambda = \frac{l}{i_y} = \frac{150}{2,27} = 66,1 \leq \lambda_{н}$$

По фактической гибкости определяем фактический коэффициент продольного изгиба $\varphi_1 = 0,79$ (см. табл. 2).

1.5. Проверка стойкости колонны:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_1 A} \leq R_y * v_c,$$

где $v_c = 1$ - коэффициент условий работы

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_1 A} = \frac{400}{0,81 * 30,6} = 16,3 \text{ кН/см}^2 \leq R_y * v_c = 19,8 \text{ кН/см}^2$$

Условие выполняется, поэтому принимаем окончательно выбранный двутавровый профиль №22

Прочность колонны не проверяем, так как колонна не имеет отверстий.

Местную стойкость стойки и полок не проверяем, так как колонна запроектирована из проката.

2. Расчет базы колонны

2.1. Определение необходимой площади опорной плиты :

$$A_{оп} = \frac{N}{R_b} = \frac{400}{0,7} = 574 \text{ см}^2$$

где $R_b = 0,70 \text{ кН/см}^2 (= 7,0 \text{ МПа})$ - расчетное сопротивление сжатию бетона.

Принимаем конструктивные размеры плиты $B \times L = 16 \times 36$,

Фактическая площадь опорной плиты $A_1 = 16 \times 36 = 576 \text{ см}^2$

2.2. Проверка нагрузки на фундамент (расчетное давление на 1 см^2 опорной плиты):

$$q = \frac{N}{A_1} = \frac{400}{576} = 0,69 \leq R_b = 0,70 \text{ кН/см}^2$$

Условие выполняется, поэтому принимаем окончательно выбранные размеры опорной плиты.

Принимаем базу из стальной плиты с передачей всех усилий через сварные швы и проводим расчет ее по максимальному моменту на консольной части.

2.3. Определение момента на консоли:

$$M_1 = \frac{q * a_1^2}{2} = \frac{0,69 * 7^2}{2} = 16,9 \text{ кН*см}$$

где $a_1 = 0,5(L-h) = 0,5(36-22) = 7 \text{ см}$ – расстояние от края плиты до полки двутавра (см. рисунок)

2.4. Определение момента на участке, опертой на три стороны в соотношении $\frac{b_1}{a} = \frac{5,23}{20,32} = 0,25 < 0,5$:

$$M_2 = \frac{q * b_1^2}{2} = \frac{0,69 * 5,23^2}{2} = 9,4 \text{ кН* см}$$

где $b_1 = 0,5(B-d) = 0,5(11-0,54) = 5,23$ см – расстояние от края плиты до пояса двутавра (см. рисунок)

$$a = h - 2 * t = 22 - 2 * 0,87 = 20,32 \text{ см}$$

Для дальнейших расчетов используем значение большего из моментов, т.е. $M_1 = 16,9$ кН/ см

2.5. Толщина плиты:

$$t_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{6M_{\text{max}}}{R_y * v_c}} = \sqrt{\frac{6 * 16,9}{19,8 * 1,2}} = 2,065 \text{ см}$$

где $v_c = 1,2$ -коэффициент условий работы

Окончательно принимаем толщину плиты за ГОСТ 19903-74 (см. табл.3). $t_{\text{шт}} = 22$ мм

3. Расчет катета шва

3.1. Определение длины сварных швов $\Sigma L_{\text{шва}}$ согласно выбранному профилю двутавра (см. рисунок):

$$\Sigma L_{\text{шва}} = 2(2b + h - d) = 2(2 * 11 + 22 - 5,4) = 77,2 \text{ см}$$

3.2. Определение высоты катета шва:

$$k_f = \frac{N}{\Sigma L_{\text{шва}} * \beta_f * R_{\text{wf}} * v_{\text{wf}} * v_c} = \frac{400}{77,2 * 0,7 * 18} = 0,41 \text{ см}$$

$\beta_f = 0,7$ – коэффициент, который зависит от способа сварки (см. табл..4)

$R_{\text{wf}} = 180$ МПа = 18 кН/см² – расчетное сопротивление металла шва сварных соединений с угловыми швами (см. табл. 5)

$v_c = v_{\text{wf}} = 1$ -коэффициента условий работы колонны и сварного шва

Принимаем высоту катету шва $k_f = 6$ мм

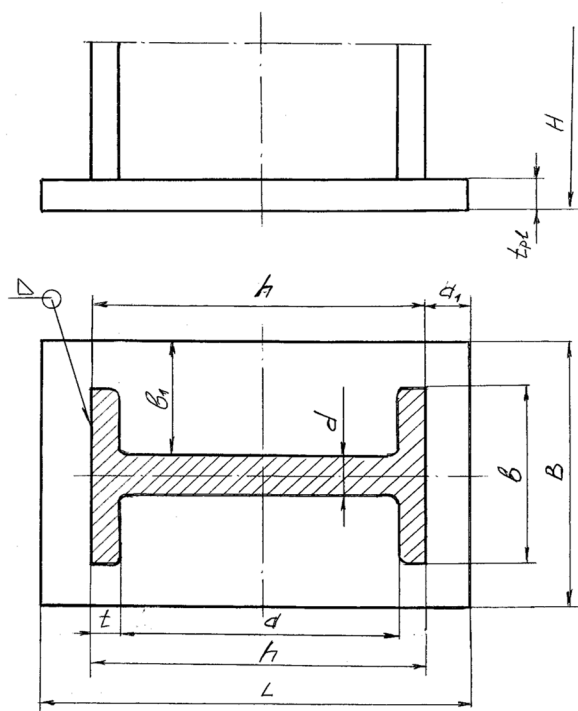


Рисунок 2 – Чертеж и сечение колонны

Контрольные вопросы:

- 1 Какие элементы конструкции называют стойками?
- 2 Какие типы сечений применяют для стоек при небольших и больших усилиях?
- 3 Что называется гибкостью стойки? Какую размерность она имеет?
- 4 Что называется радиусом инерции поперечного сечения и как он определяется? Какую имеет размерность?
- 5 Какие допускаемые напряжения применяются при расчете стоек? Что такое коэффициент φ ?
- 6 Зависит ли коэффициент σ_p от марки металла, гибкости? От каких еще параметров зависит коэффициент φ ?
- 7 Как определяется гибкость в зависимости от опорных закреплений стоек?
- 8 Как определяется допускаемое усилие сжатия в стойке заданного сечения при заданном допускаемом напряжении?
- 9 Как подбирают сечение в сжатой стойке при заданном усилии и допускаемом напряжении?
- 10 Можно ли выполнять соединительные швы стоек прерывистыми? Удобно ли это в технологическом отношении? Какие размеры катетов швов могут быть рекомендованы?