

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
"Брестский государственный политехнический колледж"

"Утверждаю"
Зам. директора УО БГПК
_____ Н. В. Ратникова
"__" _____ 2010 г.

Усиление конструкций и оснований

Контрольные задания
с программой и методическими указаниями для учащихся за-
очного отделения по специальности 2-70 02 01 "Промышлен-
ное и гражданское строительство"

Брест 2010 г.

Разработал: Басов В.С., Самолук И.С., преподаватели УО "Брестский государственный политехнический колледж".

Контрольные задания и методические указания составлены на основании стандарта специальности 2-70 02 01 "Промышленное и гражданское строительство", примерного тематического плана по дисциплине "Усиление конструкций и оснований".

Контрольные задания обсуждены на заседании цикловой комиссии строительных дисциплин.

Протокол № ____ от " ____ " _____ 2010 г.

Председатель цикловой комиссии строительных дисциплин
_____ Е.А. Миронюк

Таблица 1 - Тематический учебный план дисциплины

№№ зан яти я	Название разделов, тем по программе, тем практических занятий	Кол-во часов
1	Введение. Цели и задачи дисциплины. Причины вызывающие необходимость усиления, зданий и сооружений.	2
2	Тема 2. Усиление металлических конструкций. Методы усиления.	2
3	Тема 3. Усиление металлических балок и балочных конструкций	2
4	<i>Практическая работа №1</i>	
	Расчет усиления изгибаемых металлических элементов	2/2
5	Тема 4. Усиление металлических ферм, колонн (стоек) и рамных конструкций	2
6	<i>Практическая работа №2</i>	
	Расчет усиления центрально сжатых металлических элементов.	2/2
7	Тема 5. Усиление ЖБК. Методы усиления. Усиление сборных железобетонных многопустотных плит покрытия.	2
8	Тема 6. Усиление сборных железобетонных ребристых плит, монолитных плит и сборных и монолитных балок.	2
9	<i>Практическая работа №3</i>	
	Расчет усиления изгибаемых железобетонных элементов	2/2
10	Тема 7. Усиление балок монолитных железобетонных перекрытий. Усиление железобетонных стропильных балок и узлов	2
11	<i>Практическая работа №4</i>	
	Расчет усиления изгибаемых железобетонных элементов	2/2
12	Тема 8. Усиление железобетонных ферм, колонн и их элементов.	2
13	Тема 9. Усиление кирпичных колонн, простенков, перемычек и металлокирпичных перекрытий.	2
14	<i>Практическая работа №5</i>	
	Расчет усиления центрально сжатых кирпичных элементов	2/2
15	Тема 10. Усиление фундаментов при помощи бетона и металла.	2
16	Тема 11. Усиление фундаментов при помощи свай.	1
	ОКР	1
17	Тема 12. Усиление оснований зданий и сооружений. Анализ ОКР.	2

Задание № 1

"Усиление центрально сжатых металлических элементов".

Цель: закрепить знания, полученные при изучении темы "Усиление сжатых металлических конструкций"

Теоретические данные:

Расчет на устойчивость симметрично усиленных сжатых сплошностенчатых стоек и стержней ферм производится по формуле:

$$\frac{N}{\varphi A_{tot}} \leq R_y^* \gamma_c \gamma_d,$$

где φ — коэффициент продольного изгиба, принимаемый по таблице 72 СНиП II-23 с учетом изменившихся характеристик сечения усиленного стержня;

A_{tot} — площадь сечения усиленного стержня брутто, m^2 ;

$$A_{tot} = A_{ef} + A_r,$$

здесь A_{ef} — площадь сечения усиливаемого элемента, m^2 ;

A_r — площадь сечения дополнительных элементов усиления, m^2 ;

R_y^* — осредненное значение расчетного сопротивления стали, МПа;

γ_c — коэффициент условия работы, $\gamma_c \leq 0,9$

γ_d — коэффициент снижения расчетного сопротивления, учитывающий коррозионный износ конструкций и степень агрессивности среды, принимается по таблице 1, для конструкций без коррозии $\gamma_d = 1$.

Таблица 2 — Коэффициент γ_d , учитывающий коррозионный износ и степень агрессивности среды

Степень агрессивности среды согласно СНиП 2.03.11	Коэффициент γ_d
Слабоагрессивная	0,95
Среднеагрессивная	0,9
Сильноагрессивная	0,85

Если элементы усиления выполняются из од-
ной по прочности стали к усили-

($1 \leq \alpha \leq 1,15$, где $\alpha = R_{yr} / (R_{y0}\gamma_d)$), то значение R_y^* допускается принимать равным $R_{y0}\gamma_d$.

Пример

Усиление опорного раскоса

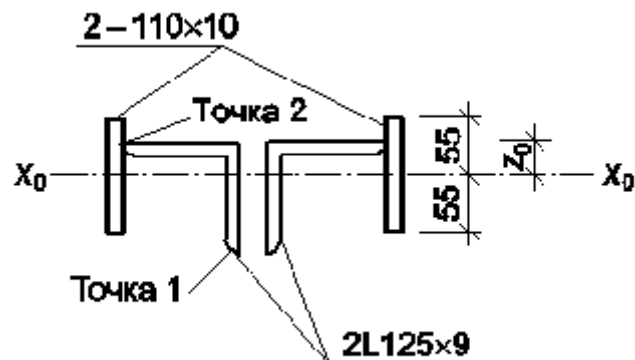


Рисунок 1 – схема поперечного сечения элемента фермы

Исходные данные

Опорный раскос фермы:

- степень агрессивности среды для стальных конструкций – сильноагрессивная;
- расчетная длина раскоса – $l_{0x}, l_{0y} = 3.55$ м;
- первоначальное сечение без учета коррозионного износа – 2L125x9, толщина фасонки 10 мм;
- степень коррозионного износа – 23%;
- материал – сталь марки ВСтЗпс по ГОСТ 380-88 (Сталь углеродистая обыкновенного качества); $R_{y0} = 240$ МПа;
- полная расчетная нагрузка на раскос $N = -445$ кН;

Геометрические характеристики неповрежденного коррозией сечения (табл. 9):

$A_0 = 2 \times 22 = 44$ см²; $z_0 = 3,4$ см; $i_{x0} = 3,86$ см; $I_{x0} = 327,48 \times 2 = 654,96$ см⁴. При толщине фасонки 10 мм:

$$I_{y0} = 2 \cdot 327,48 + 2 \cdot 22 \cdot (3,4 + 0,5)^2 = 1326 \text{ см}^4;$$

$$i_{y0} = \sqrt{\frac{I_{y0}}{A_0}} = \sqrt{\frac{1326}{44}} = 5,48 \text{ см}$$

Вычисляем условную гибкость:

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_{x0}} = \frac{3,55 \cdot 10^2}{3,86} = 92 ;$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_{y0}} = \frac{3,55 \cdot 10^2}{5,48} = 65 ;$$

Определяем площадь сечения раскоса с учетом коррозионных (23%) повреждений:

$$A_{ef} = 44 \times 0,77 = 34,22 \text{ см}^2$$

Геометрические характеристики сечения раскоса с учетом коррозионного износа:

$i_{xef} = 3,86 \text{ см}$; $i_{yef} = 5,48 \text{ см}$ – не изменилась, поэтому гибкость относительно оси x и y :

$$\lambda_x = 92, \lambda_y = 65$$

Проверяем устойчивость неусиленного стержня по формуле (7) [2]:

при $\lambda = 92$ $\varphi = 0,598$ (табл. 13);

$$\frac{N}{\varphi A_{ef}} = \frac{445 \cdot 10^3}{0,598 \cdot 34,22 \cdot 10^{-4}} = 217,5 \text{ МПа} > R_{y0} \cdot \gamma_d \cdot \gamma_c = 240 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 184 \text{ МПа},$$

$\gamma_c = 0,9$ – коэффициент условия работы;

т. е. опорный раскос подлежит усилению.

Усиление выполняем без смещения центра тяжести сечения путем приварки двух пластин к полкам усиливаемых уголков. По конструктивным соображениям размеры пластины усиления принимаем равной – $1,0 \times 11,0 \text{ см}$.

Площадь элементов усиления

$$A_r = 2 \cdot 1,0 \cdot 11,0 = 22 \text{ см}^2.$$

Расчетное сопротивление элементов усиления из стали марки ВСт3пс $R_{yr} = 240 \text{ МПа}$.

Проверяем прочность усиленного стержня:

$$A_{totn} = A_{ef} + A_r = 34,22 + 22 = 56,22 \text{ см}^2,$$

Определяем геометрические характеристики усиленного сечения:

– момент инерции сечения в плоскости наибольшей гибкости

$$I_{xtot} = I_{xef} + I_{xr} = 654,96 \cdot 0,77 + 2 \cdot \frac{1,0 \cdot 11^3}{12} = 726,1 \text{ см}^4;$$

– радиус инерции

$$i_{xtot} = \sqrt{\frac{I_{xtot}}{A_{tot}}} = \sqrt{\frac{726,1}{56,22}} = 3,59 \text{ см}.$$

Гибкость стержня

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_{x0}} = \frac{3,55 \cdot 10^2}{3,59} = 99 ;$$

Коэффициент продольного изгиба для центрально-сжатых стержней $R_y^* = 240$ МПа $\varphi = 0,549$ (табл. 13).

Проверяем условие устойчивости раскоса:

$$\frac{N}{\varphi A_{tot}} = \frac{445 \cdot 10^{-3}}{0,549 \cdot 56,22 \cdot 10^{-4}} = 144,2 \text{ МПа} < R_y^* \cdot \gamma_c \cdot \gamma_d \cdot \gamma_k = 240 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 146,9 \text{ МПа},$$

$\gamma_k = 0,8$ — дополнительный коэффициент условия работы учитывающий искривление от сварки.

Элементы усиления привариваем сплошным швом с катетом $k_f = k_{min} = 5$ мм.

Индивидуальные задания:

Исходные данные:

Колонна сплошного сечения, степень агрессивности среды для стальных конструкций, расчетные длины колонны (l_{0x}, l_{0y}), первоначальное сечение, без учета коррозионного износа, степень коррозионного износа (%), материал — сталь с расчетным сопротивлением R_{y0} , полная расчетная нагрузка на колонну N (кН) в таблице 3.

Задание: необходимо определить устойчивость металлической колонны подверженной коррозии и при необходимости рассчитать ее усиление одним из предложенных способов.

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения первого задания контрольной работы

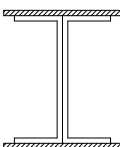
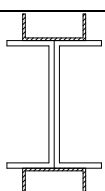
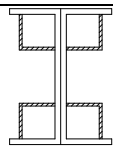
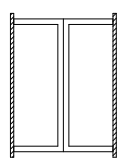
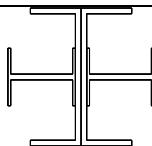
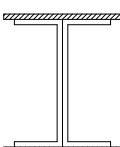
№ варианта	Степень агрессивности среды	Расчетная длина колонны, l_{0x}, l_{0y} , м	Первоначальное сечение	Степени коррозионного износа, %	Расчетное сопротивление стали, R_{y0} , МПа	Полная расчетная нагрузка на колонну, N , кН	Схема усиления
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Слабоагрессивная	3,8	2 [№24]	30	240	950	
2	Среднеагрессивная	4,8	2 [№40]	25	200	1750	
3	Сильноагрессивная	4,2	2 [№30]	35	280	1200	
4	Слабоагрессивная	4,0	2 [№27]	40	200	1000	
5	Слабоагрессивная	3,35	2 [№18]	33	240	700	
6	Среднеагрессивная	3,7	2 [№20]	28	280	500	
7	Среднеагрессивная	3,5	2 [№18]	28	280	490	
8	Слабоагрессивная	3,0	2 [№16]	28	200	460	
9	Среднеагрессивная	4,5	2 [№27]	34	240	730	
10	Сильноагрессивная	4,2	2 [№30]	30	200	680	
11	Среднеагрессивная	3,4	2 [№16]	22	200	450	
12	Сильноагрессивная	5,4	2 [№40]	29	280	898	
13	Сильноагрессивная	4,2	2 [№20]	27	240	360	
14	Слабоагрессивная	3,2	2 [№22]	39	280	580	
15	Среднеагрессивная	4,5	2 [№30]	33	200	520	
16	Слабоагрессивная	3,2	2 [№16]	26	200	550	
17	Среднеагрессивная	3,6	2 [№18]	22	240	780	
18	Слабоагрессивная	3,8	2 [№22]	33	200	770	
19	Сильноагрессивная	3,4	2 [№20]	19	280	900	
20	Сильноагрессивная	4,2	2 [№30]	31	240	1080	
21	Слабоагрессивная	3,0	2 [№16]	29	240	570	
22	Среднеагрессивная	3,3	2 [№22]	27	200	530	
23	Сильноагрессивная	3,7	2 [№24]	38	280	670	
24	Среднеагрессивная	4,3	2 [№27]	41	240	670	
25	Слабоагрессивная	4,55	2 [№30]	35	280	1000	
26	Слабоагрессивная	3,9	2 [№20]	28	200	550	
27	Сильноагрессивная	4,9	2 [№40]	32	240	1500	
28	Сильноагрессивная	3,8	2 [№30]	24	280	1320	
29	Сильноагрессивная	3,6	2 [№24]	18	280	1050	
30	Среднеагрессивная	4,0	2 [№27]	25	200	930	
31	Слабоагрессивная	3,8	2 [№24]	23	200	980	
32	Слабоагрессивная	4,8	2 [№40]	30	200	1850	
33	Слабоагрессивная	4,2	2 [№30]	31	240	1270	
34	Сильноагрессивная	4,0	2 [№27]	37	240	1120	
35	Среднеагрессивная	3,35	2 [№18]	35	200	550	

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения первого задания контрольной работы (продолжение)

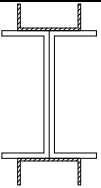
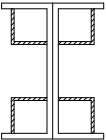
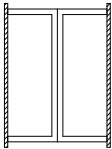
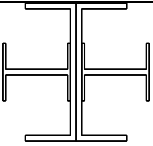
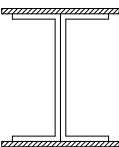
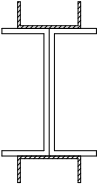
№ варианта	Степень агрессивности среды	Расчетная длина колонны, $l_{0x}, l_{0y}, \text{м}$	Первоначальное сечение	Степени коррозионного износа, %	Расчетное сопротивление стали, $R_{y0}, \text{МПа}$	Полная расчетная нагрузка на колонну, $N, \text{кН}$	Схема усиления
1	2	3	4	5	6	7	8
36	Сильноагрессивная	3,7	2 [№20]	25	240	470	
37	Слабоагрессивная	3,5	2 [№18]	31	200	420	
38	Среднеагрессивная	3,0	2 [№16]	24	280	700	
39	Сильноагрессивная	4,5	2 [№27]	30	200	630	
40	Среднеагрессивная	4,2	2 [№30]	28	240	880	
41	Сильноагрессивная	3,4	2 [№16]	29	280	550	
42	Сильноагрессивная	5,4	2 [№40]	27	240	620	
43	Слабоагрессивная	4,2	2 [№20]	39	280	390	
44	Среднеагрессивная	3,2	2 [№22]	33	200	390	
45	Слабоагрессивная	4,5	2 [№30]	26	200	530	
46	Среднеагрессивная	3,2	2 [№16]	22	240	690	
47	Слабоагрессивная	3,6	2 [№18]	33	200	560	
48	Сильноагрессивная	3,8	2 [№22]	19	280	1050	
49	Сильноагрессивная	3,4	2 [№20]	31	240	700	
50	Слабоагрессивная	4,2	2 [№30]	29	240	1200	
51	Среднеагрессивная	3,0	2 [№16]	27	200	420	
52	Сильноагрессивная	3,3	2 [№22]	38	280	560	
53	Среднеагрессивная	3,7	2 [№24]	41	240	530	
54	Слабоагрессивная	4,3	2 [№27]	35	280	790	
55	Слабоагрессивная	4,55	2 [№30]	28	200	750	
56	Сильноагрессивная	3,9	2 [№20]	32	240	660	
57	Сильноагрессивная	4,9	2 [№40]	24	280	1740	
58	Сильноагрессивная	3,8	2 [№30]	18	280	1520	
59	Среднеагрессивная	3,6	2 [№24]	25	200	850	
60	Среднеагрессивная	4,0	2 [№27]	22	200	950	
61	Среднеагрессивная	3,8	2 [№24]	33	280	1000	
62	Сильноагрессивная	5,0	2 [№40]	34	240	2000	
63	Слабоагрессивная	4,3	2 [№30]	30	200	1100	
64	Сильноагрессивная	4,1	2 [№27]	39	200	1050	
65	Слабоагрессивная	3,2	2 [№18]	31	280	600	
66	Слабоагрессивная	3,6	2 [№20]	20	200	700	
67	Среднеагрессивная	3,4	2 [№18]	28	280	500	
68	Слабоагрессивная	3,0	2 [№16]	25	240	600	
69	Среднеагрессивная	4,4	2 [№27]	32	240	830	
70	Среднеагрессивная	4,3	2 [№30]	31	240	1300	

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения первого задания контрольной работы (продолжение)

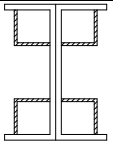
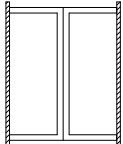

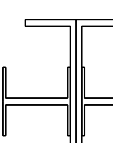
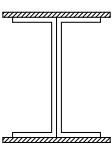
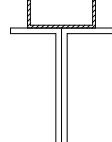
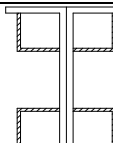
№ варианта	Степень агрессивности среды	Расчетная длина колонны, $l_{0x}, l_{0y}, \text{м}$	Первоначальное сечение	Степени коррозионного износа, %	Расчетное сопротивление стали, $R_{y0}, \text{МПа}$	Полная расчетная нагрузка на колонну, $N, \text{кН}$	Схема усиления
1	2	3	4	5	6	7	8
71	Среднеагрессивная	3,5	2 [№1 6	24	240	560	
72	Сильноагрессивная	5,5	2 [№4 0	31	200	1310	
73	Сильноагрессивная	4,3	2 [№2 0	29	280	500	
74	Слабоагрессивная	3,3	2 [№2 2	41	200	770	
75	Среднеагрессивная	4,6	2 [№3 0	35	240	1200	
76	Слабоагрессивная	3,25	2 [№1 6	28	240	590	
77	Среднеагрессивная	3,65	2 [№1 8	24	280	560	
78	Слабоагрессивная	3,85	2 [№2 2	35	240	790	
79	Сильноагрессивная	3,45	2 [№2 0	21	200	700	
80	Сильноагрессивная	4,25	2 [№3 0	33	280	1280	
81	Слабоагрессивная	3,1	2 [№1 6	31	280	490	
82	Среднеагрессивная	3,4	2 [№2 2	29	240	1030	
83	Сильноагрессивная	3,8	2 [№2 4	40	200	870	
84	Среднеагрессивная	4,4	2 [№2 7	43	280	870	
85	Слабоагрессивная	4,6	2 [№3 0	37	200	900	
86	Слабоагрессивная	4,0	2 [№2 0	30	240	710	
87	Сильноагрессивная	5,0	2 [№4 0	34	280	1700	
88	Сильноагрессивная	3,9	2 [№3 0	26	200	1390	
89	Сильноагрессивная	3,7	2 [№2 4	20	200	1100	
90	Среднеагрессивная	4,1	2 [№2 7	27	200	1220	
91	Среднеагрессивная	3,8	2 [№2 4	27	240	900	
92	Среднеагрессивная	4,9	2 [№4 0	22	240	1900	
93	Сильноагрессивная	4,4	2 [№3 0	25	280	1150	
94	Слабоагрессивная	4,2	2 [№2 7	37	200	1200	
95	Сильноагрессивная	3,3	2 [№1 8	39	200	700	
96	Среднеагрессивная	3,8	2 [№2 0	25	200	770	
97	Сильноагрессивная	3,3	2 [№1 8	30	200	520	
98	Сильноагрессивная	3,1	2 [№1 6	38	280	620	
99	Сильноагрессивная	4,3	2 [№2 7	27	240	900	
100	Слабоагрессивная	4,25	2 [№3 0	30	200	1400	
101	Среднеагрессивная	3,3	2 [№1 6	26	280	540	
102	Сильноагрессивная	5,3	2 [№4 0	33	240	1350	
103	Сильноагрессивная	4,1	2 [№2 0	31	200	480	
104	Слабоагрессивная	3,1	2 [№2 2	43	240	740	
105	Среднеагрессивная	4,4	2 [№3 0	37	280	1120	

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения первого задания контрольной работы (продолжение)

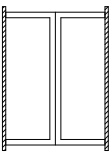
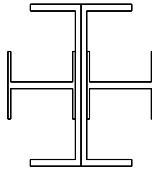
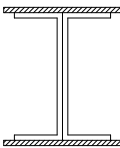
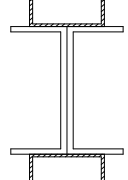
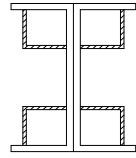
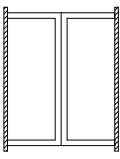
№ варианта	Степень агрессивности среды	Расчетная длина колонны, $l_{0x}, l_{0y}, \text{м}$	Первоначальное сечение	Степени коррозионного износа, %	Расчетное сопротивление стали, $R_{y0}, \text{МПа}$	Полная расчетная нагрузка на колонну, $N, \text{кН}$	Схема усиления
1	2	3	4	5	6	7	8
106	Слабоагрессивная	3,1	2 [№1 6	30	280	600	
107	Среднеагрессивная	3,5	2 [№1 8	26	200	530	
108	Слабоагрессивная	3,7	2 [№2 2	37	280	780	
109	Сильноагрессивная	3,3	2 [№2 0	23	240	720	
110	Сильноагрессивная	4,1	2 [№3 0	39	200	1090	
111	Среднеагрессивная	2,9	2 [№1 6	33	200	480	
112	Среднеагрессивная	3,1	2 [№2 2	31	280	1020	
113	Сильноагрессивная	3,6	2 [№2 4	42	240	800	
114	Среднеагрессивная	4,2	2 [№2 7	45	200	810	
115	Слабоагрессивная	4,4	2 [№3 0	39	240	870	
116	Слабоагрессивная	3,8	2 [№2 0	32	280	670	
117	Сильноагрессивная	4,8	2 [№4 0	36	200	1750	
118	Сильноагрессивная	3,7	2 [№3 0	28	240	1360	
119	Сильноагрессивная	3,5	2 [№2 4	22	240	1120	
120	Среднеагрессивная	3,9	2 [№2 7	29	280	1280	
121	Сильноагрессивная	3,8	2 [№2 4	37	200	640	
122	Слабоагрессивная	5,1	2 [№4 0	29	280	2100	
123	Сильноагрессивная	4,5	2 [№3 0	32	240	1050	
124	Среднеагрессивная	4,3	2 [№2 7	33	200	1250	
125	Слабоагрессивная	2,9	2 [№1 8	24	240	750	
126	Слабоагрессивная	3,75	2 [№2 0	30	280	600	
127	Среднеагрессивная	3,2	2 [№1 8	24	240	480	
128	Слабоагрессивная	2,9	2 [№1 6	22	200	590	
129	Слабоагрессивная	4,6	2 [№2 7	35	200	900	
130	Сильноагрессивная	4,35	2 [№3 0	25	240	1500	
131	Среднеагрессивная	3,2	2 [№1 6	20	200	580	
132	Сильноагрессивная	5,2	2 [№4 0	27	280	1400	
133	Сильноагрессивная	4,0	2 [№2 0	25	240	580	
134	Слабоагрессивная	3,0	2 [№2 2	37	280	880	
135	Среднеагрессивная	4,3	2 [№3 0	31	200	1160	
136	Слабоагрессивная	3,0	2 [№1 6	24	200	590	
137	Среднеагрессивная	3,4	2 [№1 8	20	240	550	
138	Слабоагрессивная	3,6	2 [№2 2	31	200	880	
139	Сильноагрессивная	3,2	2 [№2 0	17	280	750	
140	Среднеагрессивная	4,0	2 [№3 0	29	240	1320	

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения первого задания контрольной работы (продолжение)

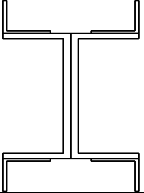
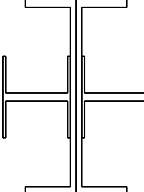
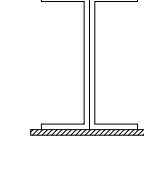
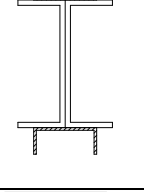
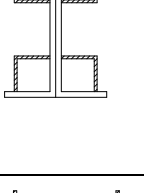
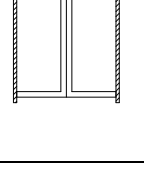

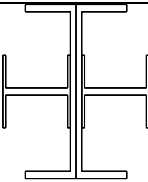
№ варианта	Степень агрессивности среды	Расчетная длина колонны, l_{0x}, l_{0y} , М	Первоначальное сечение	Степени коррозионного износа, %	Расчетное сопротивление стали, R_{y0} , МПа	Полная расчетная нагрузка на колонну, N , кН	Схема усиления
1	2	3	4	5	6	7	8
141	Слабоагрессивная	2,8	2 [№1 6	27	240	530	
142	Среднеагрессивная	3,4	2 [№2 2	25	200	1170	
143	Среднеагрессивная	3,5	2 [№2 4	36	280	820	
144	Сильноагрессивная	4,1	2 [№2 7	39	240	990	
145	Слабоагрессивная	4,3	2 [№3 0	33	280	1080	
146	Слабоагрессивная	3,7	2 [№2 0	26	200	690	
147	Сильноагрессивная	4,7	2 [№4 0	30	240	1800	
148	Сильноагрессивная	3,6	2 [№3 0	22	280	1500	
149	Сильноагрессивная	3,4	2 [№2 4	16	280	1180	
150	Сильноагрессивная	3,8	2 [№2 7	23	200	1380	
151	Сильноагрессивная	3,8	2 [№2 4	20	280	1030	
152	Сильноагрессивная	4,7	2 [№4 0	36	280	1800	
153	Сильноагрессивная	4,6	2 [№3 0	33	200	1000	
154	Слабоагрессивная	4,4	2 [№2 7	30	240	1300	
155	Среднеагрессивная	2,8	2 [№1 8	27	240	800	
156	Сильноагрессивная	3,65	2 [№2 0	28	240	550	
157	Среднеагрессивная	3,1	2 [№1 8	34	280	540	
158	Среднеагрессивная	2,8	2 [№1 6	31	200	610	
159	Среднеагрессивная	4,7	2 [№2 7	35	280	880	
160	Сильноагрессивная	4,4	2 [№3 0	35	200	1250	
161	Среднеагрессивная	3,6	2 [№1 6	28	200	500	
162	Сильноагрессивная	5,6	2 [№4 0	35	280	1150	
163	Сильноагрессивная	4,4	2 [№2 0	33	240	360	
164	Слабоагрессивная	3,4	2 [№2 2	45	720	580	
155	Среднеагрессивная	4,7	2 [№3 0	39	200	1080	
156	Слабоагрессивная	3,5	2 [№1 6	31	200	570	
157	Среднеагрессивная	3,8	2 [№1 8	28	240	510	
158	Слабоагрессивная	4,0	2 [№2 2	39	200	860	
169	Сильноагрессивная	3,6	2 [№2 0	25	280	710	
170	Сильноагрессивная	4,4	2 [№3 0	37	240	1190	
171	Слабоагрессивная	3,2	2 [№1 6	35	240	460	
172	Среднеагрессивная	3,5	2 [№2 2	33	200	1020	
173	Сильноагрессивная	3,9	2 [№2 4	45	280	740	
174	Среднеагрессивная	4,5	2 [№2 7	47	240	770	
175	Слабоагрессивная	4,7	2 [№3 0	42	240	830	

Таблица 3 – Исходные данные для выполнения первого задания контрольной работы (окончание)

№ варианта	Степень агрессивности среды	Расчетная длина колонны, $l_{0x}, l_{0y}, \text{м}$	Первоначальное сечение	Степени коррозионного износа, %	Расчетное сопротивление стали, $R_{y0}, \text{МПа}$	Полная расчетная нагрузка на колонну, $N, \text{кН}$	Схема усиления
1	2	3	4	5	6	7	8
176	Сильноагрессивная	4.1	2 [№20]	36	200	590	
177	Сильноагрессивная	5.1	2 [№40]	38	240	1650	
178	Среднеагрессивная	4.0	2 [№30]	30	280	1400	
179	Среднеагрессивная	3,8	2 [№24]	25	280	1100	
180	Среднеагрессивная	4,2	2 [№27]	31	200	1180	

Задание № 2

"Усиление изгибаемых железобетонных элементов путем установки дополнительной арматуры".

Цель: закрепить знания, полученные на теоретических занятиях по темам " Усиление сборных железобетонных балок, ребристых и монолитных плит", "Усиление балок монолитных железобетонных перекрытий. Усиление железобетонных стропильных балок и их узлов".

Теоретические данные:

1. Расчет железобетонных изгибаемых элементов прямоугольного сечения следует производить из условия

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}, \quad (7.9) \quad [1]$$

где:

$$M_{Rd} = \alpha \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} (d - 0.5 \cdot x_{eff}) + f_{yd} \cdot A_{s2} (d - c_1)$$

при этом условная высота сжатой зоны x_{eff} следует определять по формуле:

$$\alpha \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} = f_{yd} \cdot A_{s1} - f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (7.10) \quad [1]$$

2. Расчет железобетонных изгибаемых элементов таврового и двутаврового сечений, имеющих полку в сжатой зоне сечения, следует производить следующим образом: если граница сжатой зоны проходит в пределах высоты полки (рис. 1), т.е. соблюдается условие

$$f_{yd} \cdot A_{s1} \leq \alpha \cdot f_{cd} b'_f \cdot h'_f + f_{yd} \cdot A_{s2} \quad (7.11) \quad [1]$$

расчет производится как для прямоугольного сечения шириной, равной ширине полки b_{eff} , по формуле (7.9) [1]; если граница сжатой зоны проходит в ребре, т.е. условие (7.11) не соблюдается, расчет производится из условия

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}, \quad (7.12) \quad [1]$$

$$\text{где: } M_{Rd} = \alpha \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} (d - 0.5 \cdot x_{eff}) + \alpha \cdot f_{cd} (b_{eff} - b_w) h'_f (d - 0.5 \cdot h'_f) + f_{yd} \cdot A_{s2} (d - c_1)$$

При этом высоту сжатой зоны x_{eff} следует определять по формуле:

$$f_{yd} \cdot A_{s1} - f_{yd} \cdot A_{s2} = \alpha \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} + \alpha \cdot f_{cd} (b_{eff} - b_w) h'_f \quad (7.13) \quad [1]$$

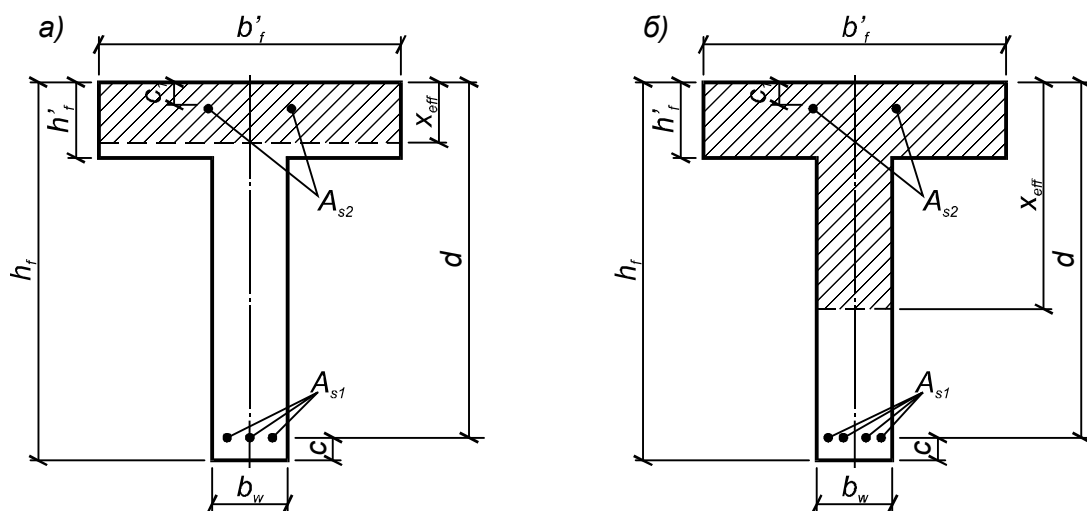


Рисунок 2 – Положение границы условной сжатой зоны в сечении изгибаемого железобетонного элемента
а) в полке; б) в ребре.

Пример

Исходные данные:

- балка таврового сечения с геометрическими размерами представленными на рисунке 2;
- бетон тяжелый класса С12/15;
- растянутая рабочая арматура 2Ø20 S400;
- расстояние от нижней грани до центра тяжести рабочей арматуры $c=30$ мм;
- момент от расчетной нагрузки $M_{sd}=216$ кН·м (рис. 2)

Требуется

определить прочность балки и в случае недостаточной прочности усилить балку путем приваривания дополнительной арматуры.

Решение:

Характеристики бетона $f_{cd}=f_{ck}/1,5=12/1,5=8$ МПа

Характеристики арматуры $f_{yd}=365$ МПа (табл.6)

Рабочая высота сечения $d=h-c=600-30=570$ мм

$$\alpha_m = \frac{M_{sd}}{\alpha \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2} = \frac{216 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 0,57^2} = 0,104$$

для $\alpha_m=0,104$ $\eta=0,938$ $\xi=0,167$ (табл.7) $< \xi_{lim}=0,657$

$\xi_{lim}=0,657$ – граничное значение для арма

$$\xi = \frac{x_{\text{eff}}}{d} \quad \text{отсюда} \quad x_{\text{eff}} = \xi \cdot d = 0,167 \cdot 0,57 = 0,095 \text{ м};$$

$$x_{\text{eff}} = 0,095 \text{ м} < h_f' = 0,15 \text{ м};$$

расчет производим как для прямоугольного сечения шириной, равной ширине полки b_f' ;

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{f_{yd} \cdot \eta \cdot d} = \frac{216 \cdot 10^{-3}}{365 \cdot 0.938 \cdot 0,57} = 11 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 11 \text{ см}^2$$

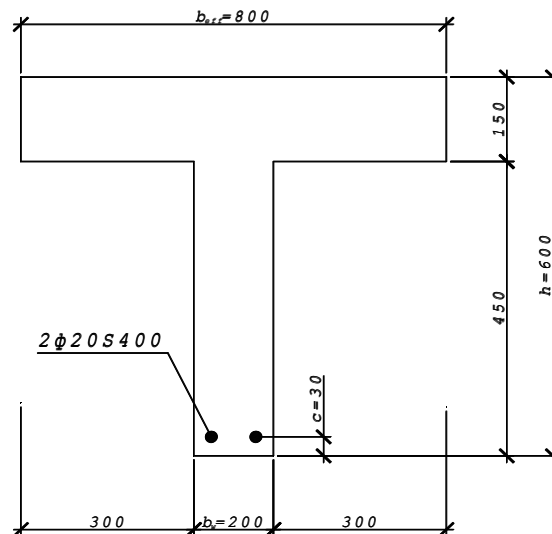


Рисунок 3 – Геометрические размеры поперечного сечения

Существующей площади сечения арматуры из 2Ø20 $A_{s1} = 6,28 \text{ см}^2$ (табл.8) недостаточно, необходимо установить дополнительную арматуру. Оголяем существующую арматуру участками по 150 мм с шагом 1000 мм. К оголенной арматуре привариваем коротыши выполненные из стержней диаметром равным величине защитного слоя бетона. Принимаем стержни 2Ø20 S240 длиной 100 мм. К коротышам привариваем 2 арматурных стержня 2Ø18 S400 с $A_{s2} = 5.09 \text{ см}^2$ (табл.8), (рис. 4). Покрываем арматуру цементно песчаным раствором с обеспечением защитного слоя 20 мм.

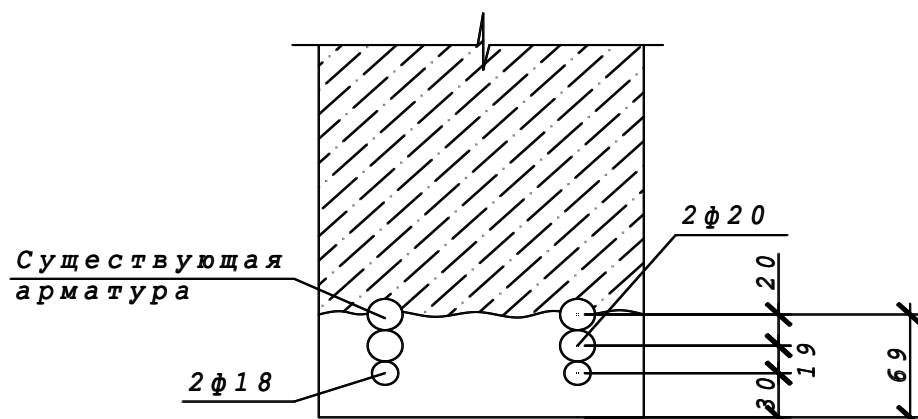


Рисунок 4 – схема усиления:

Находим расстояние от центра тяжести рабочей арматуры до нижней грани далки:

$$y = \frac{6,28 \cdot 6,9 + 5,09 \cdot 3}{6,28 + 5,09} = 5,15 \text{ см}$$

Находим рабочую высоту сечения (расстояние центра тяжести всей рабочей арматуры до сжатой грани сечения):

$$d = 570 + 69 - 51,5 = 587,5 \text{ см}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\alpha \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d} = \frac{(6,28 + 5,09) \cdot 10^{-4} \cdot 365}{1 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 0,5875} = 0,11$$

для $\omega = 0,111$ $\eta = 0,938$ $\xi = 0,167$ (табл.7) $< \xi_{lim} = 0,657$

$$\xi = \frac{x_{eff}}{d} \quad \text{отсюда} \quad x_{eff} = \xi \cdot d = 0,167 \cdot 0,5875 = 0,0975 \text{ м};$$

$$x_{eff} = 0,0975 \text{ м} < h_f' = 0,15 \text{ м};$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \eta \cdot d = (6,28 + 5,09) \cdot 10^{-4} \cdot 365 \cdot 0,938 \cdot 0,5875 =$$

$$= 0,228 \text{ МПа} = 228 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_{sd} = 216 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

прочность сечения обеспечена.

Индивидуальные задания:

Исходные данные: геометрические размеры поперечного сечения конструкций, исходное армирование, классы бетона и арматуры, действующий момент представлены в таблице 4.

Задание: необходимо проверить прочность поперечного сечения конструкций и при необходимости выполнить усиление конструкции методом присоединения дополнительной арматуры.

Таблица 4 – Исходные данные для выполнения второго задания
контрольной работы

№ вариан- та	Класс бетона конст- рукции	Класс рабо- чей арма- туры	Рабо- чая арма- тура	Момент от рас- чет-ной нагруз- ки, кН*м	Схема поперечного сечения конструкции	Параметры поперечного сечения				
						b _{eff} , мм	h, мм	c, мм	b, мм	h _f , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	C16/20	S400	2Ø18	210		1200	500	30	200	120
2	C8/10	S500	2Ø16	200		1150	550	35	250	140
3	C12/15	S400	2Ø20	190		1100	600	25	300	150
4	C20/25	S500	2Ø22	290		1000	650	30	350	170
5	C25/30	S400	2Ø25	420		900	700	35	400	200
6	C30/37	S500	2Ø28	620		800	750	40	300	250
7	C16/20	S500	2Ø16	470		750	800	30	250	160
8	C20/25	S400	2Ø18	375		700	850	35	300	180
9	C8/10	S400	3Ø14	220		300	800	25	-	-
10	C12/15	S500	3Ø16	350		350	850	30	-	-
11	C16/20	S400	3Ø18	360		400	900	35	-	-
12	C20/25	S500	3Ø20	550		450	950	25	-	-
13	C25/30	S400	3Ø22	590		500	1000	30	-	-
14	C30/37	S500	3Ø25	920		550	1050	25	-	-
15	C12/15	S400	3Ø20	590		300	1200	45	-	-
16	C25/30	S500	3Ø25	1150		400	1250	40	-	-
17	C8/10	S400	2Ø12	52		1500	250	20	50	50
18	C12/15	S500	2Ø14	76		1600	300	25	65	60
19	C16/20	S400	2Ø16	100		1700	350	30	70	70
20	C20/25	S500	2Ø18	170		1800	400	35	75	80
21	C25/30	S400	2Ø20	190		1900	450	35	80	60
22	C30/37	S500	2Ø22	170		2000	300	30	85	30
23	C12/15	S400	2Ø12	38		1200	250	20	65	35
24	C20/25	S500	2Ø14	97		1300	300	25	75	50
25	C8/10	S400	4Ø12	85		200	500	20	400	250
26	C12/15	S500	4Ø14	155		250	550	25	450	270
27	C16/20	S400	4Ø16	200		300	600	30	500	300
28	C20/25	S500	4Ø18	350		350	650	25	550	320
29	C25/30	S400	4Ø20	390		400	700	30	600	350
30	C30/37	S500	4Ø22	410		500	750	30	650	400
31	C8/10	S400	2Ø16	222		1100	600	30	300	120
32	C12/15	S500	2Ø18	251		1050	650	35	250	140
33	C16/20	S400	2Ø20	279		1000	600	25	200	150
34	C20/25	S500	2Ø22	303		950	650	35	250	170
35	C25/30	S400	2Ø25	372		900	600	40	300	200
36	C30/37	S500	2Ø28	516		850	650	30	250	250
37	C8/10	S400	2Ø18	291		800	700	30	200	180
38	C12/15	S500	2Ø20	305		750	700	40	250	200
39	C16/20	S400	3Ø25	712		500	800	20	-	-
40	C20/25	S500	3Ø16	262		510	750	30	-	-
41	C25/30	S400	3Ø22	474		520	800	20	-	-
42	C30/37	S500	3Ø22	549		530	750	30	-	-
43	C8/10	S400	3Ø20	456		540	800	20	-	-
44	C12/15	S500	3Ø20	504		550	750	30	-	-
45	C16/20	S400	3Ø25	709		560	800	20	-	-
46	C20/25	S500	3Ø12	163		570	750	30	-	-

Таблица 4 – Исходные данные для выполнения второго задания контрольной работы (продолжение)

№ варианта	Класс бетона конструкции	Класс рабочей арматуры	Рабочая арматура	Момент от расчетной нагрузки, кН*м	Схема поперечного сечения конструкции	Параметры поперечного сечения				
						b_{eff} , мм	h , мм	c , мм	b , мм	h_f , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
47	C30/37	S400	2Ø28	212		1300	300	20	50	80
48	C8/10	S500	2Ø14	79		1400	350	30	60	70
49	C12/15	S400	2Ø22	162		1500	400	40	70	60
50	C16/20	S500	2Ø18	174		1600	450	30	80	60
51	C20/25	S400	2Ø28	259		1700	400	20	90	55
52	C30/37	S500	2Ø18	107		1800	350	30	80	50
53	C8/10	S400	2Ø14	45		1200	300	40	70	60
54	C12/15	S500	2Ø16	85		1400	300	30	60	50
55	C16/20	S400	4Ø12	180		350	700	20	650	320
56	C20/25	S500	4Ø14	240		400	650	30	700	380
57	C30/37	S400	4Ø20	405		450	600	40	750	420
58	C8/10	S500	4Ø6	39		200	550	30	500	240
59	C12/15	S400	4Ø14	124		250	500	20	550	270
60	C16/20	S500	4Ø16	175		300	450	30	600	340
61	C20/25	S400	2Ø18	234		1000	800	20	250	120
62	C30/37	S500	2Ø25	515		950	810	25	260	130
63	C8/10	S400	2Ø20	310		900	820	30	270	140
64	C12/15	S500	2Ø22	421		850	830	35	280	150
65	C16/20	S400	2Ø28	549		800	840	30	290	160
66	C20/25	S500	2Ø28	667		750	850	25	300	170
67	C30/37	S400	2Ø20	315		770	860	20	310	180
68	C8/10	S500	2Ø18	310		700	870	25	320	190
69	C12/15	S400	3Ø16	263		400	800	20	-	-
70	C16/20	S500	3Ø18	360		410	810	30	-	-
71	C20/25	S400	3Ø22	483		420	820	20	-	-
72	C30/37	S500	3Ø25	743		430	830	30	-	-
73	C8/10	S400	3Ø14	212		440	840	20	-	-
74	C12/15	S500	3Ø16	327		450	850	30	-	-
75	C16/20	S400	3Ø18	468		460	860	20	-	-
76	C20/25	S500	3Ø20	597		470	870	30	-	-
77	C30/37	S400	2Ø20	153		1200	400	20	90	70
78	C8/10	S500	2Ø16	97		1220	410	30	80	70
79	C12/15	S400	2Ø20	156		1240	420	20	70	70
80	C16/20	S500	2Ø18	170		1260	430	30	60	70
81	C20/25	S400	2Ø22	184		1280	440	20	90	70
82	C30/37	S500	2Ø28	202		1300	450	30	80	70
83	C8/10	S400	2Ø16	107		1320	460	20	70	70
84	C12/15	S500	2Ø16	127		1340	470	30	60	70
85	C16/20	S400	4Ø12	93		250	450	20	450	350
86	C20/25	S500	4Ø12	129		260	460	30	500	360
87	C30/37	S400	4Ø18	219		270	470	20	550	370
88	C8/10	S500	4Ø12	107		280	480	30	500	380
89	C12/15	S400	4Ø16	183		290	490	20	450	390
90	C16/20	S500	4Ø18	252		300	500	30	400	400
91	C20/25	S400	4Ø18	229		310	510	20	450	410
92	C25/30	S500	4Ø18	318		320	520	30	500	420

Таблица 4 – Исходные данные для выполнения второго задания контрольной работы (продолжение)

№ варианта	Класс бетона конструкции	Класс рабочей арматуры	Рабочая арматура	Момент от расчетной нагрузки, кН*м	Схема поперечного сечения конструкции	Параметры поперечного сечения				
						b_{eff} , мм	h , мм	c , мм	b , мм	h_f , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
93	C20/25	S400	2Ø14	131		900	820	20	300	270
94	C25/30	S500	2Ø16	262		890	810	30	310	270
95	C30/37	S400	2Ø28	472		880	800	20	320	270
96	C8/10	S500	2Ø14	166		870	790	30	330	270
97	C12/15	S400	2Ø20	243		860	780	20	340	270
98	C16/20	S500	2Ø16	219		850	770	30	350	270
99	C20/25	S400	2Ø20	270		840	760	20	360	270
100	C25/30	S500	2Ø18	316		830	750	30	370	270
101	C8/10	S400	3Ø16	201		350	780	20	-	-
102	C12/15	S500	3Ø16	295		360	770	30	-	-
103	C16/20	S400	3Ø20	404		370	760	20	-	-
104	C20/25	S500	3Ø20	492		380	750	30	-	-
105	C25/30	S400	3Ø25	630		390	740	20	-	-
106	C30/37	S500	3Ø28	733		400	730	30	-	-
107	C8/10	S400	3Ø16	213		410	720	20	-	-
108	C12/15	S500	3Ø18	311		420	710	30	-	-
109	C16/20	S400	2Ø22	171		1400	400	20	80	100
110	C20/25	S500	2Ø22	228		1420	420	30	90	100
111	C25/30	S400	2Ø25	234		1440	440	20	80	100
112	C30/37	S500	2Ø18	157		1460	460	30	90	100
113	C8/10	S400	2Ø20	173		1480	480	20	80	100
114	C12/15	S500	2Ø20	210		1500	500	30	90	100
115	C16/20	S400	2Ø16	118		1520	520	20	80	100
116	C20/25	S500	2Ø16	155		1540	540	30	90	100
117	C25/30	S400	4Ø12	244		450	750	20	600	270
118	C30/37	S500	4Ø14	271		440	740	30	600	270
119	C8/10	S400	4Ø10	120		430	730	20	600	270
120	C12/15	S500	4Ø12	167		420	720	30	600	270
121	C16/20	S400	4Ø14	217		410	710	20	600	270
122	C20/25	S500	4Ø14	250		400	700	30	600	270
123	C25/30	S400	2Ø16	207		1200	800	20	400	200
124	C30/37	S500	2Ø16	226		1180	780	30	380	180
125	C8/10	S400	2Ø18	206		1160	760	20	360	160
126	C12/15	S500	2Ø18	281		1140	740	30	340	140
127	C16/20	S400	2Ø22	358		1120	720	20	320	120
128	C20/25	S500	2Ø22	402		1100	700	30	300	100
129	C25/30	S400	2Ø28	479		1080	680	20	280	80
130	C30/37	S500	2Ø28	530		1060	660	30	260	80
131	C8/10	S400	3Ø22	401		470	700	20	-	-
132	C12/15	S500	3Ø25	620		480	720	30	-	-
133	C16/20	S400	3Ø28	816		490	740	20	-	-
134	C20/25	S500	3Ø28	882		500	760	30	-	-
135	C25/30	S400	3Ø28	924		510	780	20	-	-
136	C30/37	S500	3Ø22	642		520	800	30	-	-
137	C8/10	S400	3Ø14	187		530	820	20	-	-
138	C12/15	S500	3Ø16	295		540	840	30	-	-

Таблица 4 – Исходные данные для выполнения второго задания контрольной работы (окончание)

№ варианта	Класс бетона конструкции	Класс рабочей арматуры	Рабочая арматура	Момент от расчетной нагрузки, кН*м	Схема поперечного сечения конструкции	Параметры поперечного сечения				
						b_{eff} , мм	h , мм	c , мм	b , мм	h_f , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
139	C16/20	S400	2Ø18	87		1000	300	20	80	85
140	C20/25	S500	2Ø22	209		1100	400	30	80	85
141	C25/30	S400	2Ø25	164		1200	300	20	80	85
142	C30/37	S500	2Ø28	282		1300	400	30	80	85
143	C8/10	S400	2Ø16	61		1400	300	20	80	85
144	C12/15	S500	2Ø20	161		1500	400	30	80	85
145	C16/20	S400	2Ø22	132		1600	300	20	80	85
146	C20/25	S500	2Ø28	305		1700	400	30	80	85
147	C25/30	S400	2Ø28	231		1800	300	20	80	85
148	C30/37	S500	4Ø12	270		250	750	30	800	380
149	C8/10	S400	4Ø14	227		260	760	20	800	380
150	C12/15	S500	4Ø16	356		270	770	30	800	380
151	C16/20	S400	4Ø20	520		280	780	20	800	380
152	C20/25	S500	4Ø20	673		290	790	30	800	380
153	C25/30	S400	4Ø28	916		300	800	20	800	380
154	C30/37	S500	2Ø22	395		1000	700	30	400	90
155	C8/10	S400	2Ø14	151		980	680	20	380	90
156	C12/15	S500	2Ø14	135		960	660	30	360	90
157	C16/20	S400	2Ø16	170		940	640	20	340	90
158	C20/25	S500	2Ø16	188		920	620	30	320	90
159	C25/30	S400	2Ø20	222		900	600	20	300	90
160	C30/37	S500	2Ø20	235		880	580	30	280	90
161	C8/10	S400	2Ø12	59		860	560	20	260	90
162	C12/15	S500	3Ø18	743		600	1250	30	-	-
163	C16/20	S400	3Ø25	974		630	1200	20	-	-
164	C20/25	S500	3Ø22	873		660	1150	30	-	-
165	C25/30	S400	3Ø25	1060		690	1100	20	-	-
166	C30/37	S500	3Ø25	1184		720	1050	30	-	-
167	C8/10	S400	3Ø16	302		750	1000	20	-	-
168	C12/15	S500	3Ø16	418		780	950	30	-	-
169	C30/37	S500	2Ø28	288		1350	350	30	50	75
170	C8/10	S400	2Ø16	113		1450	450	20	60	75
171	C12/15	S500	2Ø18	205		1550	550	30	70	75
172	C16/20	S400	2Ø14	119		1650	650	20	80	75
173	C20/25	S500	2Ø16	206		1750	750	30	90	75
174	C25/30	S400	2Ø20	362		1850	850	20	100	75
175	C30/37	S500	4Ø16	494		400	800	30	900	300
176	C8/10	S400	4Ø14	254		410	810	20	910	300
177	C12/15	S500	4Ø16	393		420	820	30	920	300
178	C16/20	S400	4Ø20	563		430	830	20	930	300
179	C20/25	S500	4Ø22	721		440	840	30	940	300
180	C25/30	S400	4Ø25	967		450	850	20	950	300

ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 5.03.01-02. "Конструкции бетонные и железобетонные". – Мн.: Стройтехнорм, 2002 г. – 274 с.
2. СНиП II-23-81* "Стальные конструкции". – М.: 1981. – 76 с.
3. Усиление конструкций (П1-04 к СНиП II-23-81*). – Мн.: Стройтехнорм, 2005. – 114 с.

Справочные материалы для выполнения контрольных заданий

Таблица 5 – Прочностные и деформационные характеристики тяжелых и мелкозернистых бетонов

Характеристики	Классы бетона по прочности на сжатие														
	C ⁸ / ₁₀	C ¹² / ₁₅	C ¹⁶ / ₂₀	C ²⁰ / ₂₅	C ²⁵ / ₃₀	C ³⁰ / ₃₇	C ³⁵ / ₄₅	C ⁴⁰ / ₅₀	C ⁴⁵ / ₅₅	C ⁵⁰ / ₆₀	C ⁵⁵ / ₆₇	C ⁶⁰ / ₇₅	C ⁷⁰ / ₈₅	C ⁸⁰ / ₉₅	C ⁹⁰ / ₁₀₅
f _{ck} (МПа)	8	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
f _{c, cube} ^G (МПа)	10	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f _{cm} (МПа)	16	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f _{ctm} (МПа)	1,2	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
f _{ctk,0.05} (МПа)	0,84	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
f _{ctk,0.95} (МПа)	1,56	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
ε _{с1} (‰)	-1,7	-1,8	-1,9	-2,0	-2,1	-2,2	2,2 5	-2,3	-2,4	2,4 5	-2,5	-2,6	-2,7	-2,8	-2,8
ε _{сu1} (‰)						-3,5					-3,2	-3,0	-2,8	-2,8	-2,8
ε _{с2} (‰)					-2,0						-2,2	-2,3	-2,4	-2,5	-2,6
ε _{сu2} (‰)					-3,5						-3,1	-2,9	-2,7	-2,6	-2,6
n					2,0						1,7 5	1,6 0	1,4 5	1,4 0	1,4 0
ε _{с3} (‰)					-1,75						-1,8	-1,9	-2,0	-2,2	-2,3
ε _{сu3} (‰)					-3,5						-3,1	-2,9	-2,7	-2,6	-2,6

Примечание: для мелкозернистых бетонов, приготовленных с применением песков, имеющих модуль крупности M_к = 2,0 и менее (группа Б), значения прочностных характеристик из табл. 4.3 f_{ctm}, f_{ctk,0.05}, f_{ctk,0.95} следует умножать на поправочный коэффициент k_t = 0,65+6·10⁻³ f_{c, cube}^G

Таблица 6 – Характеристики ненапрягаемой арматуры

Класс арматуры	Номинальный диаметр	Вид поверхности	$k = f_{yk}/f_{yd}$	Нормативное сопротивление $f_{yk}(f_{0,2k})$, Н/мм ²	Расчетное сопротивление $f_{yd}(f_{0,2d})$, Н/мм ²	Расчетное сопротивление поперечной арматуры f_{ywd} , Н/мм ²	
S240	5,5—40,0	Гладкая	1,08	240	218	174*	157
S400	6,0—40,0	Периодического профиля	1,05	400	365	290*	263
S500	3,0—40,0	Гладкая и периодического профиля	1,05	500	450(410)**	360*(328)**	324(295)
* Для случая применения в вязаных каркасах. ** В скобках приведены значения для проволочной арматуры.							

Таблица 7 – для практического расчета изгибаемых элементов симметричного сечения (бетон классов по прочности при сжатии $C^{12}/_{15} \div C^{50}/_{60}$)

Расчетный параметр	Коэффициенты				Относительные деформации, ‰	
	$\xi = x/d$	ω_c	$\eta = z/d$	α_m	сжатия в бетоне ϵ_c (+)	растяжения в арматуре ϵ_{st} (+)
	Область деформирования					
1	2	3	4	5	6	7
Область 1a	0,02	0,002	0,993	0,002	0,20	10,0
	0,04	0,008	0,986	0,008	0,42	10,0
	0,06	0,017	0,979	0,017	0,64	10,0
	0,08	0,030	0,972	0,029	0,87	10,0
	0,10	0,045	0,965	0,044	1,11	10,0
	0,12	0,063	0,957	0,061	1,36	10,0
	0,14	0,083	0,949	0,079	1,63	10,0
	0,16	0,104	0,940	0,098	1,90	10,0
Верхний предел для области 1a	0,167	0,111	0,938	0,104	2,00	10,0
	0,18	0,125	0,931	0,117	2,20	10,0
	0,20	0,147	0,922	0,135	2,50	10,0
	0,22	0,168	0,912	0,153	2,82	10,0
	0,24	0,189	0,902	0,171	3,16	10,0
Верхний предел для области 1b	0,259	0,211	0,892	0,187	3,50	10,0
Область 2	0,26	0,212	0,892	0,188	3,50	9,96
	0,28	0,227	0,884	0,200	3,50	9,00
	0,30	0,243	0,875	0,213	3,50	8,17
	0,32	0,259	0,867	0,225	3,50	7,44
	0,34	0,275	0,859	0,236	3,50	6,79
	0,36	0,291	0,850	0,248	3,50	6,22
	0,38	0,308	0,842	0,259	3,50	5,71
	0,40	0,324	0,834	0,270	3,50	5,25
	0,42	0,340	0,825	0,281	3,50	4,83
	0,44	0,356	0,817	0,291	3,50	4,45
	0,46	0,372	0,809	0,301	3,50	4,11
	0,48	0,388	0,800	0,311	3,50	3,79
	0,50	0,405	0,792	0,321	3,50	3,50
	0,52	0,421	0,784	0,330	3,50	3,23
	0,54	0,437	0,775	0,339	3,50	2,98
	0,56	0,453	0,767	0,348	3,50	2,75
	0,58	0,469	0,759	0,356	3,50	2,53
	0,60	0,486	0,750	0,364	3,50	2,33

Таблица 7 – для практического расчета изгибаемых элементов симметричного сечения (бетон классов по прочности при сжатии $C^{12}/_{15} \div C^{50}/_{60}$), (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
Граничное значение для арматуры S500	0,61	0,494	0,746	0,368	3,50	2,25
Область 2 при арматуре S240 и S400, область 3 при арматуре S500	0,62	0,502	0,742	0,372	3,50	2,15
	0,64	0,518	0,734	0,380	3,50	1,97
Граничное значение для арматуры S400	0,657	0,532	0,727	0,387	3,50	1,825
Область 2 при арматуре S240, область 3 при арматуре S400 и S500	0,66	0,540	0,722	0,390	3,50	1,75
	0,68	0,550	0,717	0,395	3,50	1,65
	0,70	0,567	0,709	0,402	3,50	1,50
	0,72	0,583	0,701	0,408	3,50	1,36
	0,74	0,599	0,692	0,415	3,50	1,23
Граничное значение для арматуры S240	0,76	0,615	0,684	0,421	3,50	1,11
	0,769	0,622	0,680	0,423	3,50	1,05
Область 2 при арматуре S240, область 3 при арматуре S400 и S500	0,78	0,631	0,675	0,426	3,50	0,99
	0,80	0,648	0,667	0,432	3,50	0,87
	0,82	0,664	0,659	0,437	3,50	0,77
	0,84	0,680	0,651	0,442	3,50	0,67
	0,86	0,696	0,642	0,447	3,50	0,57
	0,88	0,712	0,634	0,452	3,50	0,48
	0,90	0,729	0,626	0,456	3,50	0,39
	0,92	0,745	0,617	0,460	3,50	0,30
	0,94	0,761	0,609	0,463	3,50	0,22
	0,96	0,777	0,601	0,467	3,50	0,15
	0,98	0,793	0,592	0,470	3,50	0,07
	1,00	0,810	0,584	0,473	3,50	0,00
	1,02	0,826	0,576	0,476	3,50	-0,07
	1,04	0,842	0,568	0,478	3,50	-0,13
	1,06	0,858	0,560	0,480	3,50	-0,20
	1,08	0,874	0,550	0,481	3,50	-0,26
	1,10	0,890	0,543	0,483	3,50	-0,32
	1,12	0,907	0,534	0,484	3,50	-0,38
	1,14	0,923	0,525	0,485	3,50	-0,43

Таблица 8 – Сортамент горячекатаных арматурных стержней

Номин. диаметр, мм	Площадь поперечного сечения см ² , при числе стержней									Масса 1 м, кг	Выпускаемые диаметры для сталей классов		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		S240	S400	S500
4	0,126	0,25	0,38	0,50	0,63	0,76	0,88	1,01	1,13	0,099			•
5	0,196	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	0,154			•
5.5	0,238	0,476	0,714	0,952	1,190	1,428	1,666	1,904	2,142	0,187			•
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,42	1,70	1,98	2,26	2,55	0,222	•	•	•
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	0,395	•	•	•
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	0,617	•	•	•
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	0,888	•	•	•
14	1,539	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	1,208	•	•	•
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	1,578	•	•	•
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	1,998	•	•	•
20	3,142	6,28	9,41	12,56	15,71	18,85	21,99	25,14	28,28	2,466	•	•	•
22	3,801	7,60	11,40	15,20	19,00	22,81	26,61	30,41	34,21	2,984	•	•	•
25	4,909	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	3,853	•	•	•
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	4,8			
32	8,042	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	6,3			
40	12,566	25,13	37,70	50,26	62,83	75,40	87,96	100,53	113,1	9,8			

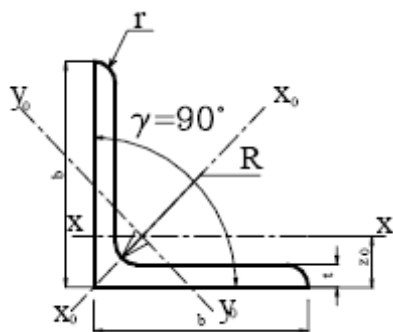


Таблица 9 – Уголки стальные горячекатаные равнополочные по ГОСТ 8509-86

Размер уголка, b мм	Размер уголка, t мм	Масса 1м кг	Площадь сечения, F см ²	R мм	r мм	Ось х-х I_x см ⁴	Ось х-х W_x см ³	Ось х-х i_x см	Ось х ₀ -х ₀ I_{x0} см ⁴	Ось х ₀ -х ₀ i_{x0} см	Ось у ₀ -у ₀ I_{y0} см ⁴	Ось х-х W_{y0} см ³	Ось у ₀ -у ₀ i_{y0} см	I_{xy} см ⁴	Центр тяжести Z₀ см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	3	0.89	1.13	3.5	1.2	0.40	0.28	0.59	0.63	0.75	0.17	0.20	0.39	0.23	0.60
20	4	1.15	1.46	3.5	1.2	0.50	0.37	0.58	0.78	0.73	0.22	0.24	0.38	0.28	0.64
25	3	1.12	1.43	3.5	1.2	0.81	0.46	0.75	1.29	0.95	0.34	0.33	0.49	0.47	0.73
25	4	1.46	1.86	3.5	1.2	1.03	0.59	0.74	1.62	0.93	0.44	0.41	0.48	0.59	0.76
25	5	1.78	2.27	3.5	1.2	1.22	0.71	0.73	1.91	0.92	0.53	0.47	0.48	0.69	0.80
28	3	1.27	1.62	4	1.3	1.16	0.58	0.85	1.84	1.07	0.48	0.42	0.55	0.68	0.80
30	3	1.36	1.74	4	1.3	1.45	0.67	0.91	2.30	1.15	0.60	0.53	0.59	0.85	0.85
30	4	1.78	2.27	4	1.3	1.84	0.87	0.80	2.92	1.13	0.77	0.61	0.58	1.08	0.89
30	5	2.18	2.78	4	1.3	2.20	1.06	0.89	3.47	1.12	0.94	0.71	0.58	1.27	0.93
32	3	1.46	1.86	4.5	1.5	1.77	0.77	0.97	2.80	1.23	0.74	0.59	0.63	1.03	0.89
32	4	1.91	2.43	4.5	1.5	2.26	1.00	0.96	3.58	1.21	0.94	0.71	0.62	1.32	0.94
35	3	1.60	2.04	4.5	1.5	2.35	0.93	1.07	3.72	1.35	0.97	0.71	0.69	1.37	0.97
35	4	2.10	2.17	4.5	1.5	3.01	1.21	1.06	4.76	1.33	1.25	0.88	0.68	1.75	1.01
35	5	2.58	3.28	4.5	1.5	3.61	1.47	1.05	5.71	1.32	1.52	1.02	0.68	2.10	1.05
40	3	1.85	2.36	5	1.7	3.55	1.22	1.23	5.63	1.55	1.47	0.95	0.79	2.08	1.09
40	4	2.42	3.08	5	1.7	4.58	1.60	1.22	7.26	1.53	1.90	1.19	0.78	2.68	1.13
40	5	2.98	3.79	5	1.7	5.53	1.95	1.20	8.75	1.52	2.30	1.39	0.78	3.22	1.17
40	6	3.52	4.48	5	1.7	6.41	2.30	1.20	10.13	1.50	2.70	1.58	0.78	3.72	1.21
45	3	2.08	2.65	5	1.7	5.13	1.56	1.39	8.13	1.75	2.12	1.24	0.89	3.00	1.21
45	4	2.73	3.48	5	1.7	6.63	2.04	1.38	10.50	1.74	2.74	1.54	0.89	3.89	1.26
45	5	3.37	4.29	5	1.7	8.03	2.51	1.37	12.70	1.72	3.33	1.81	0.88	4.71	1.30
50	3	2.32	2.95	5.5	1.8	7.11	1.94	1.55	11.30	1.95	2.95	1.6	1.00	4.16	1.33
50	4	3.05	3.88	5.5	1.8	9.21	2.54	1.54	14.60	1.94	3.80	2.0	0.99	5.42	1.38
50	5	3.77	4.80	5.5	1.8	11.20	3.13	1.53	17.80	1.92	4.63	2.30	0.98	6.57	1.42
50	6	4.47	5.69	5.5	1.8	13.07	3.69	1.52	20.70	1.91	5.43	2.63	0.98	7.65	1.46
50	7	5.15	6.56	5.5	1.8	14.84	4.23	1.50	23.47	1.89	6.21	2.93	0.97	8.63	1.50
50	8	5.82	7.41	5.5	1.8	16.51	4.76	1.49	26.03	1.87	6.98	3.22	0.97	9.52	1.53
56	4	3.44	4.38	6	2.0	13.10	3.21	1.73	20.80	2.18	5.41	2.52	1.11	7.69	1.52
56	5	4.25	5.41	6	2.0	15.97	3.96	1.72	25.40	2.16	6.59	2.97	1.10	9.41	1.57
60	4	3.71	4.72	7	2.3	16.21	3.70	1.85	25.69	2.33	6.72	2.93	1.19	9.48	1.62
60	5	4.58	5.83	7	2.3	19.79	4.56	1.84	31.40	2.32	8.18	3.49	1.18	11.61	1.66
60	6	5.43	6.92	7	2.3	23.21	5.40	1.83	36.81	2.31	9.60	3.99	1.18	13.60	1.70
60	8	7.10	9.04	7	2.3	29.55	7.00	1.81	46.77	2.27	12.34	4.90	1.17	17.22	1.78
60	10	8.70	11.08	7	2.3	35.32	8.52	1.79	55.64	2.24	15.00	5.70	1.16	20.32	1.85
63	4	3.90	4.96	7	2.3	18.90	4.09	1.95	29.90	2.45	7.81	3.26	1.25	11.00	1.69
63	5	4.81	6.13	7	2.3	23.10	5.05	1.94	36.60	2.44	9.52	3.87	1.25	13.70	1.74
63	6	5.72	7.28	7	2.3	27.10	5.98	1.93	42.90	2.43	11.20	4.44	1.24	15.90	1.78
70	4.5	4.87	6.20	8	2.7	29.00	5.67	2.16	46.00	2.72	12.04	4.5	1.39	17.00	1.88
70	5	5.38	6.86	8	2.7	31.90	6.27	2.16	50.70	2.72	13.22	4.9	1.39	18.70	1.90
70	6	6.39	8.15	8	2.7	37.60	7.43	2.15	59.60	2.71	15.52	5.7	1.38	22.10	1.94
70	7	7.39	9.41	8	2.7	43.00	8.57	2.14	68.20	2.69	17.0				
70	8	8.37	10.66	8	2.7	48.20	9.68	2.12	76.40	2.68	19.0				
70	10	10.29	13.11	8	2.7	57.90	11.82	2.10	91.52	2.64	24.0				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
75	5	5.80	7.39	9	3.0	39.50	7.21	2.31	62.60	2.91	16.41	5.74	1.49	23.10	2.02
75	6	6.89	8.78	9	3.0	46.60	8.57	2.30	73.90	2.90	19.28	6.62	1.48	27.30	2.06
75	7	7.96	10.14	9	3.0	53.30	9.89	2.29	84.60	2.89	22.07	7.43	1.47	31.20	2.10
75	8	9.02	11.49	9	3.0	59.80	11.18	2.28	94.90	2.87	24.80	8.16	1.47	35.00	2.15
75	9	10.10	12.86	9	3.0	66.10	12.43	2.27	104.7	2.86	27.48	8.91	1.46	38.60	2.18
80	5.5	6.78	8.63	9	3.0	52.70	9.03	2.47	83.6	3.11	21.80	7.1	1.59	30.90	2.17
80	6	7.36	9.38	9	3.0	57.00	9.80	2.47	90.4	3.11	23.50	7.6	1.58	33.40	2.19
80	7	8.51	10.80	9	3.0	65.30	11.32	2.45	103.6	3.09	27.00	8.6	1.58	38.3	2.23
80	8	9.65	12.29	9	3.0	73.40	12.80	2.44	116.4	3.08	30.30	9.44	1.57	43.0	2.27
80	10	11.88	15.14	9	3.0	83.58	15.67	2.42	140.3	3.04	36.85	11.09	1.56	56.7	2.35
80	12	14.05	17.90	9	3.0	102.74	18.42	2.40	162.3	3.01	43.21	12.62	1.55	59.5	2.42
90	6	8.33	10.60	10	3.3	82.10	12.49	2.78	130.0	3.50	34.00	9.88	1.79	48.1	2.43
90	7	9.64	12.30	10	3.3	94.30	14.45	2.77	150.0	3.49	38.90	11.15	1.78	55.4	2.47
90	8	10.9	13.88	10	3.3	106.0	16.36	2.76	168.0	3.48	43.80	12.34	1.77	62.3	2.51
90	9	12.2	15.54	10	3.3	118.0	18.29	2.75	186.0	3.46	48.60	13.48	1.77	68.0	2.55
90	10	13.5	17.17	10	3.3	128.6	20.07	2.74	203.9	3.45	53.27	14.54	1.76	75.3	2.59
90	12	16.0	20.33	10	3.3	149.7	23.85	2.71	235.9	3.41	62.40	16.53	1.75	86.2	2.67
100	6.5	10.1	12.86	12	4.0	122.0	16.7	3.09	193.0	3.88	50.73	13.4	1.99	71.4	2.68
100	7	10.8	13.75	12	4.0	131.0	17.9	3.08	207.0	3.88	54.16	14.1	1.98	76.4	2.71
100	8	12.2	15.60	12	4.0	147.0	20.3	3.07	233.0	3.87	60.92	15.7	1.98	86.3	2.75
100	10	15.1	19.20	12	4.0	179.0	25.0	3.05	284.0	3.84	74.08	18.5	1.96	110.0	2.83
100	12	17.9	22.80	12	4.0	209.0	29.5	3.03	331.0	3.81	86.84	21.1	1.95	122.0	2.91
100	14	20.6	26.23	12	4.0	237.0	33.8	3.00	375.0	3.78	99.32	23.5	1.94	138.0	2.99
100	15	22.0	27.99	12	4.0	250.7	36.0	2.99	395.9	3.76	105.48	24.6	1.94	145.0	3.03
100	16	23.3	29.67	12	4.0	264.0	38.04	2.98	416.0	3.74	111.6	25.79	1.94	152.0	3.06
110	7	11.9	15.15	12	4.0	175.6	21.8	3.40	279.0	4.29	72.68	17.36	2.19	106.0	2.96
110	8	13.5	17.20	12	4.0	198.2	24.8	3.39	315.0	4.28	81.83	19.29	2.18	116.0	3.00
120	8	14.8	18.80	12	4.0	259.8	29.7	3.72	412.5	4.68	107.04	23.29	2.39	153.0	3.25
120	10	18.2	23.24	12	4.0	317.2	36.6	3.69	503.8	4.66	130.54	27.72	2.37	187.0	3.33
120	12	21.7	27.60	12	4.0	371.8	43.3	3.67	590.3	4.62	153.33	31.79	2.36	218.0	3.41
120	15	26.7	33.99	12	4.0	448.9	53.0	3.63	711.3	4.57	186.48	37.35	2.34	262.0	3.53
125	8	15.5	19.74	14	4.6	294.4	32.20	3.87	467.0	4.87	122.0	25.7	2.49	172.0	3.36
125	9	17.3	22.00	14	4.6	327.5	36.00	3.86	520.0	4.86	135.9	28.3	2.48	192.0	3.40
125	10	19.1	24.30	14	4.6	359.8	39.74	3.85	571.0	4.84	148.6	30.5	2.47	211.0	3.45
125	12	22.7	28.91	14	4.6	422.2	47.06	3.82	670.0	4.82	174.4	34.9	2.46	248.0	3.53
125	14	26.2	33.37	14	4.6	481.8	54.17	3.80	764.0	4.78	199.6	39.1	2.45	282.0	3.61
125	16	29.6	37.70	14	4.6	538.6	61.09	3.78	853.0	4.75	224.3	43.10	2.44	315.0	3.68
140	9	19.4	24.72	14	4.6	465.7	45.55	4.34	739.0	5.47	192.0	35.9	2.79	274.0	3.78
140	10	21.5	27.33	14	4.6	512.3	50.32	4.33	814.0	5.46	211.0	39.1	2.78	301.0	3.82
140	12	25.5	32.49	14	4.6	602.5	59.66	4.31	957.0	5.43	248.0	44.97	2.76	354.0	3.90
150	10	23.0	29.33	14	4.6	634.8	58.07	4.65	1008.6	5.86	261.0	45.34	2.98	374.0	4.07
150	12	27.4	34.89	14	4.6	747.5	68.90	4.63	1187.9	5.83	307.1	52.32	2.97	440.0	4.15
150	15	33.8	43.08	14	4.6	908.4	84.66	4.59	1442.6	5.79	374.2	61.96	2.95	534.0	4.27
150	18	40.1	51.09	14	4.6	1060.1	99.86	4.56	1680.9	5.74	439.2	70.91	2.93	621.0	4.38
160	10	24.7	31.40	16	5.3	774.2	66.2	4.96	1229.0	6.25	319.0	52.5	3.19	455.0	4.30
160	11	27.0	34.39	16	5.3	844.2	72.4	4.95	1341.0	6.24	348.0	56.5	3.18	496.0	4.35
160	12	29.4	37.40	16	5.3	912.9	78.6	4.94	1450.0	6.23	376.0	60.5	3.17	537.0	4.39
160	14	34.0	43.30	16	5.3	1046.5	90.8	4.92	1662.0	6.20	431.0	68.2	3.16	615.0	4.47
160	16	38.5	49.03	16	5.3	1175.2	102.6	4.89	1866.0	6.17	485.0	75.9	3.14	690.0	4.55
160	18	43.0	54.76	16	5.3	1290.2	114.2	4.87	2061.0	6.13	537.0	82.1	3.13	771.0	4.63
160	20	47.7	60.75	16	5.3	1418.9	125.60	4.85	2248.0	6.10	589.0	90.02	3.12	830.0	4.70
180	11	30.5	38.80	16	5.3	1216.0	92.5	5.60	1933.0	7.06	500.0	72.9	3.59	716.0	4.85
180	12	33.1	42.20	16	5.3	1317.0	100.4	5.59	2093.0	7.04	540.0	78.2	3.58	776.0	4.89
180	15	41.0	52.18	16	5.3	1607.4	123.7	5.55	2555.0	7.00	659.7	93.1	3.56	948.0	5.01
180	18	48.7	61.99	16	5.3	1884.1	146.4	5.51	2992.7	6.95	775.4	106.9	3.54	1108.0	5.13
180	20	53.7	68.43	16	5.3	2061.1	161.1	5.49	3271.3	6.91	850.9	115.7	3.53	1210.0	5.20
200	12	37.0	47.10	18	6.0	1822.8	124.6	6.22	2896.0	7.84	741.0	100.0	3.84	1000.0	5.40
200	13	39.9	50.85	18	6.0	1960.8	134.4	6.21	3116.0	7.83	801.0	110.0	3.83	1100.0	5.45
200	14	42.8	54.60	18	6.0	2097.0	144.2	6.20	3333.0	7.81	861.0	120.0	3.82	1200.0	5.50

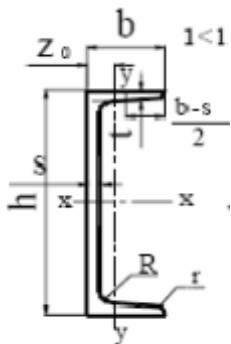


Таблица 10 – Швеллеры стальные горячекатаные по ГОСТ 8240-89 (с уклоном внутренних полок)

№ профиля	h	b	s	t	R	r	Площадь сечения, F	Масса 1м	Ось x-x I _x	Ось x-x W _x	Ось x-x i _x	Ось x-x S _x	Ось y-y I _y	Ось y-y W _y	Ось y-y i _y	Z ₀
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	см ²	кг	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см	см
5	50	32	4.4	7.0	6.0	2.5	6.16	4.84	22.8	9.1	1.92	5.59	5.61	2.75	0.95	1.16
6.5	65	36	4.4	7.2	6.0	2.5	7.51	5.90	48.6	15.0	2.54	9.00	8.70	3.68	1.08	1.24
8	80	40	4.5	7.4	6.5	2.5	8.98	7.05	89.4	22.4	3.16	13.00	12.80	4.75	1.19	1.31
10	100	46	4.5	7.6	7.0	3.0	10.90	8.59	174.0	34.8	3.99	20.40	20.40	6.46	1.37	1.44
12	120	52	4.8	7.8	7.5	3.0	13.30	10.40	304.0	50.6	4.78	29.60	31.20	8.52	1.53	1.54
14	140	58	4.9	8.1	8.0	3.0	15.60	12.30	491.0	70.2	5.60	40.80	45.40	11.00	1.70	1.67
16	160	64	5.0	8.4	8.5	3.5	18.10	14.20	747.0	93.4	6.42	54.10	63.30	13.80	1.87	1.80
16a	160	68	5.0	9.0	8.5	3.5	19.50	15.30	823.0	103.0	6.49	59.40	78.80	16.40	2.01	2.00
18	180	70	5.1	8.7	9.0	3.5	20.70	16.30	1090.0	121.0	7.24	69.80	86.00	17.00	2.04	1.94
18a	180	74	5.1	9.3	9.0	3.5	22.20	17.40	1190.0	132.0	7.32	76.10	105.0	20.00	2.18	2.13
20	200	76	5.2	9.0	9.5	4.0	23.40	18.40	1520.0	152.0	8.07	87.80	113.0	20.50	2.20	2.07
22	220	82	5.4	9.5	10.0	4.0	26.70	21.00	2110.0	192.0	8.89	110.00	151.0	25.10	2.37	2.21
24	240	90	5.6	10.0	10.5	4.0	30.60	24.00	2900.0	242.0	9.73	139.00	208.0	31.60	2.60	2.42
27	270	95	6.0	10.5	11.0	4.5	35.20	27.70	4160.0	308.0	10.90	178.00	262.0	37.30	2.73	2.47
30	300	100	6.5	11.0	12.0	5.0	40.50	31.80	5810.0	387.0	12.00	224.00	327.0	43.60	2.84	2.52
33	330	105	7.0	11.7	13.0	5.0	46.50	36.50	7980.0	484.0	13.10	281.00	410.0	51.80	2.97	2.59
36	360	110	7.5	12.6	14.0	6.0	53.40	41.90	10820.0	601.0	14.20	350.00	513.0	61.70	3.10	2.68
40	400	115	8.0	13.5	15.0	6.0	61.50	48.30	15220.0	761.0	15.70	444.00	642.0	73.40	3.23	2.75

Таблица 11 – Сталь широкополосная универсальная (ГОСТ 82-70*)

Толщина, мм	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40
Ширина, мм	200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 480, 500, 530, 560, 600, 630, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050

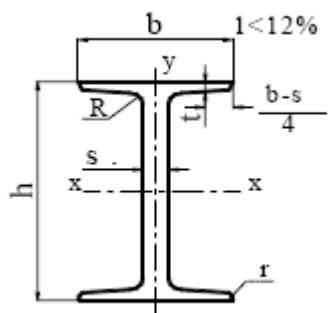


Таблица 12 – Двутавры стальные го-
рячекатаные по ГОСТ 8239-89

№ профиля	h	b	s	t	R	r	Площадь сечения, F	Масса 1м	Ось х-х I _x	Ось х-х W _x	Ось х-х i _x	Ось х-х S _x	Ось у-у I _y	Ось у-у W _y	Ось у-у i _y
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	см ²	кг	см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см
10	100	55	4.5	7.2	7.0	2.5	12.0	9.46	198	39.7	4.06	23.0	17.9	6.49	1.22
12	120	64	4.8	7.3	7.5	3.0	14.7	11.5	350	58.4	4.88	33.7	27.9	8.72	1.38
14	140	73	4.9	7.5	8.0	3.0	17.4	13.7	572	81.7	5.73	46.8	41.9	11.5	1.55
16	160	81	5.0	7.8	8.5	3.5	20.2	15.9	873	109	6.57	62.3	58.6	14.5	1.70
18	180	90	5.1	8.1	9.0	3.5	23.4	18.4	1290	143	7.42	81.4	82.6	18.4	1.88
20	200	100	5.2	8.4	9.5	4.0	26.8	21.0	1840	184	8.28	104.0	115.0	23.1	2.07
22	220	110	5.4	8.7	10.0	4.0	30.6	24.0	2550	232	9.13	131.0	157.0	28.6	2.27
24	240	115	5.6	9.5	10.5	4.0	34.8	27.3	3460	289	9.97	163.0	198.0	34.5	2.37
27	270	125	6.0	9.8	11.0	4.5	40.2	31.5	5010	371	11.20	210.0	260.0	41.5	2.54
30	300	135	6.5	10.2	12.0	5.0	46.5	36.5	7080	472	12.30	268.0	337.0	49.9	2.69
33	330	140	7.0	11.2	13.0	5.0	53.8	42.2	9840	597	13.50	339.0	419.0	59.9	2.79
36	360	145	7.5	12.3	14.0	6.0	61.9	48.6	13380	743	14.70	423.0	516.0	71.1	2.89
40	400	155	8.3	13.0	15.0	6.0	72.6	57.0	19062	953	16.20	545.0	667.0	86.1	3.03
45	450	160	9.0	14.2	16.0	7.0	84.7	66.5	27696	1231	18.10	708.0	808.0	101	3.09
50	500	170	10.0	15.2	17.0	7.0	100.0	78.5	39727	1589	19.90	919.0	1043.0	123	3.23
55	550	180	11.0	16.5	18.0	7.0	118.0	92.6	55962	2035	21.80	1181.0	1356.0	151	3.39
60	600	190	12.0	17.8	20.0	8.0	138.0	108.0	76806	2560	23.60	1491.0	1725.0	182	3.54

Таблица 13 – Коэффициент φ продольного изгиба центрально-сжатых
элементов

Гиб- кость λ	Коэффициент φ для элементов из стали с расчетным сопротивлением R _y , МПа											
	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640
10	988	987	985	984	983	982	981	980	979	978	977	977
20	967	962	959	955	952	949	946	943	941	938	936	934
30	939	931	924	917	911	905	900	895	891	887	883	879
40	906	894	883	873	863	854	846	839	832	825	820	814
50	869	852	836	822	809	796	785	775	764	746	729	712
60	827	805	785	766	749	721	696	672	650	628	608	588
70	782	754	724	687	654	623	595	568	542	518	494	470
80	734	686	641	602	566	532	501	471	442	414	386	359
90	665	612	565	522	483	447	413	380	349	326	305	287
100	599	542	493	448	408	369	335	309	286	267	250	235
110	537	478	427	381	338	306	280	258	239	223	209	197
120	479	419	366	321	287	260	237	219	203	190	178	167
130	425	364	313	276	247	223	204	189	175	163	153	145
140	376	315	272	240	215	195	178	164	153	143	134	126
150	328	276	239	211	189	171	157	145	134	126	118	111
160	290	244	212	187	167	152	139	129	120	112	105	099
170	259	218	189	167	150	136	125	115	107	100	094	089
180	233	196	170	150	135	123	112	104	097	091	085	081
190	210	177	154	136	122	111	102	094	088	082	077	073
200	191	161	140	124	111	101	093	086	080	075	071	067
210	174	147	128	113	102	093	085	079	(
220	160	135	118	104	094	086	077	073	(

Примечание Значение коэффициента φ в таблице увеличен

Created with

