

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

О.А. Бабин, А.И. Мозгунова, В.Э. Цой

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания

к курсовой работе «Сопротивление материалов»
для студентов, обучающихся по направлениям
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
08.03.01 «Строительство»

Москва
Издательство МЭИ
2025

УДК 539.4
ББК 30.121
Б 12

*Утверждено учебным управлением НИУ «МЭИ»
в качестве производственно-практического издания*

Подготовлено на кафедре
робототехники, мехатроники, динамики и прочности машин

Рецензент: докт. техн. наук, проф. Е.В. Позняк

Бабин, О.А.

Б 12 Расчеты на прочность элементов конструкций энергетического оборудования: метод. указания / О.А. Бабин, А.И. Мозгунова, В.Э. Цой. – М.: Издательство МЭИ, 2025. – 28 с.

В методических указаниях к курсовой работе по дисциплине «Сопротивление материалов» представлены условия к решению задач по расчету стержневых систем на растяжение-сжатие, кручение, изгиб и сложные виды деформаций. В приложениях приведены числовые данные для расчетов и справочная информация.

Для студентов второго курса Институты электроэнергетики (ИЭЭ) и гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии (ИГВИЭ), обучающихся по направлениям «Электроэнергетика и электротехника» и «Строительство», изучающих курс «Сопротивление материалов» в третьем семестре.

**УДК 539.4
ББК 30.121**

© О.А. Бабин, А.И. Мозгунова,
Э.В. Цой, 2025

© Национальный исследовательский
университет «МЭИ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ЗАДАНИЕ № 1. Расчет плоской фермы.....	5
ЗАДАНИЕ № 2. Расчет ступенчатого стержня при растяжении-сжатии.....	6
ЗАДАНИЕ № 3. Расчет системы проводников при растяжении-сжатии.....	7
ЗАДАНИЕ № 4. Расчеты на прочность и жесткость при кручении.....	7
ЗАДАНИЕ № 5. Расчет на прочность при прямом поперечном изгибе.....	8
ЗАДАНИЕ № 6. Расчеты на прочность и жесткость статически неопределимой балки.....	8
ЗАДАНИЕ № 7. Расчет на прочность при сложном нагружении.....	9
ЗАДАНИЕ № 8. Расчет на прочность при сочетании изгиба с кручением.....	9
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	11

ВВЕДЕНИЕ

Общие указания по выполнению и оформлению курсовой работы

Курсовая работа состоит из двух частей: «Растяжение (сжатие), кручение» и «Изгиб, сложные виды нагружения».

Все задания должны быть выполнены самостоятельно после изучения соответствующего раздела курса «Соппротивление материалов».

Каждая часть курсовой работы выполняется и оформляется отдельно в сроки, указанные преподавателем. Отчет о выполненной курсовой работе оформляется на листах формата А4 (ГОСТ 7.32–2017. «Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования и правила оформления») с обложкой из плотной бумаги.

Текст пишется четко и аккуратно **на одной стороне листа** с размерами полей не менее: сверху и снизу – 20 мм, левое – 30, правое – 15 мм. Страницы нумеруются. Текстовая часть должна содержать последовательное изложение теоретических положений и решения задач. Все обозначения должны совпадать с принятыми на лекциях и семинарах. Не допускается приведение формул и вычислений без текстового комментария. При проведении вычислений необходимо записать формулу, далее подставить числовые значения параметров и записать результаты вычислений, содержащие не более 3 значащих цифр после запятой.

Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы, графики) выполняются на отдельных листах бумаги форматом А4 с помощью чертежных инструментов с соблюдением масштабов. Основные формулы в тексте, таблицы и графики необходимо пронумеровать. Рекомендуется применение пораздельной нумерации, где первая цифра – номер раздела, главы, а второй – порядковый номер формулы, таблицы, рисунка, например: формула 1.2, табл. 3.4, рис. 4.5 и т.д.

Решение задач допускается проводить с использованием систем научных и инженерных расчетов с обязательной распечаткой программ и (или) рабочих листов, содержащих исходные числовые данные, алгоритмы вычислений и необходимый графический материал.

При использовании учебников, пособий, ГОСТов и другой литературы необходима ссылка на источники. Внутритекстовая ссылка оформляется в квадратных скобках: [1,2], а в конце текстовой части отчета приводится список использованной литературы, пронумерованный в порядке упоминания того или иного издания.

При исправлении проверенного преподавателем задания, необходимо **оставлять замечания**. Мелкие исправления вносятся непосредственно на странице, где имеются замечания, а крупные – на новых листах, подшиваемых к курсовой работе.

Проверенная преподавателем и допущенная к защите курсовая работа, **не позднее** чем за один день до защиты загружается в БАРС.

Отчет без бланка задания, подписанного преподавателем, а также оформленный с нарушением ГОСТ 7.32–2017 и настоящих указаний, к защите не допускается.

Задание № 1

РАСЧЕТ ПЛОСКОЙ ФЕРМЫ

Плоская статически определимая ферма, принятая за расчетную схему опоры линии электропередачи, изготовлена из стержней стандартного прокатного профиля и нагружена сосредоточенными силами в узлах фермы.

1.1. Определить опорные реакции, усилия и напряжения во всех стержнях фермы через силу P . Результаты представить в табличной форме.

1.2. Из условия прочности определить допускаемое значение силы P .

Указания:

- принять материал стержней – Сталь 3;
- для сжатых стержней допускаемое напряжение вычисляется по формуле

$$[\sigma]_* = \varphi \cdot [\sigma]. \quad (1.1)$$

– коэффициент снижения допускаемого напряжения (коэффициент продольного изгиба) φ выбирается по табл. 1.1 в зависимости от гибкости стержня λ , шарнирно закрепленного по краям стержня, определяемой в соответствии с формулой

$$\lambda = \frac{l}{i_{\min}}, \quad (1.2)$$

где l – длина шарнирно-закрепленного стержня, $i_{\min}$ – минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня;

- использовать разные способы при определении продольных усилий в стержнях.

**Таблица коэффициентов продольного изгиба
для сталей марок Ст. 2, 3, 4**

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
φ	1,00	0,99	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,81	0,75	0,69	0,60	0,52	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19

Данные к заданию № 1 приведены в табл. П1 (см. Приложение).

Задание № 2

РАСЧЕТ СТУПЕНЧАТОГО СТЕРЖНЯ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ–СЖАТИИ

Расчетная схема элемента конструкции представляет собой ступенчатый стержень, находящийся под воздействием осевых сил P и kP :

2.1. Определить значение параметра P^* , при котором перекрывается зазор δ . Построить эпюры продольных сил $N_z(z)$, напряжений $\sigma(z)$ и перемещений $\Delta_z(z)$ при найденном значении P^* .

2.2. Увеличив параметр нагрузки до $P = 2P^*$, построить эпюры продольных сил $N_z(z)$, напряжений $\sigma(z)$ и перемещений $\Delta_z(z)$.

2.3. Определить продольные силы N_z и напряжения σ в поперечных сечениях нагруженного стержня при изменении его температуры на величину ΔT . Характер температурного нагружения (*нагрев* или *охлаждение*) назначить из условия сохранения статической неопределимости при перекрытии зазора δ . Построить соответствующие эпюры $N_z(z)$, $\sigma(z)$ и $\Delta_z(z)$.

2.4. Определить суммарные напряжения от действия сил и температуры. Проверить прочность стержня.

Указания:

– принять модуль продольной упругости материала стержня – $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент линейного удлинения – $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$ 1/град, $[\sigma] = 200$ МПа;

– при суммировании напряжений от действия сил и температуры использовать результаты полученные в п. 2.2 и 2.3.

Данные к заданию № 2 приведены в табл. П2 (см. Приложение).

Задание № 3

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПРОВОДНИКОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ–СЖАТИИ

Система проводников кругового поперечного сечения диаметром d до сборки имеет начальный зазор δ .

3.1. Определить продольные силы и напряжения в стержнях проводников от монтажных усилий после их сборки.

3.2. Определить температурные усилия и напряжения в проводниках при температурном воздействии на изначально укороченный (удлинённый) стержень от проходящего тока в собранной системе.

3.3. Определить суммарные механические напряжения в стержнях от монтажных усилий и температурного воздействия.

3.4. Проверить прочность системы проводников.

Указания:

– температуру проводников от проходящего электрического тока принять в пределах $T = (50 \dots 70)^\circ\text{C}$, температуру окружающей среды – в пределах $T = (20 \dots 30)^\circ\text{C}$, изменение температуры $\Delta T = T - T_0$;

– уменьшение допускаемых напряжений для сжатых стержней не учитывать;

– если условие прочности не выполняется, предложить не менее трех вариантов повышения прочности системы.

Данные к заданию № 3 приведены в табл. ПЗ и П4 (см. Приложение).

Задание № 4

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ КРУЧЕНИИ

Ступенчатый стержень кругового (кольцевого) поперечного сечения нагружен сосредоточенными внешними моментами.

4.1. Построить эпюры крутящих моментов $M_z(z)$, касательных напряжений $\tau_{\max}(z)$ и погонных углов закручивания $\theta(z)$.

4.2. Из расчета на прочность и жесткость определить допускаемую величину $[d]$.

4.3. Построить эпюру углов закручивания $\varphi(z)$ при $d = [d]$.

4.4. В опасном поперечном сечении стержня построить эпюру касательных напряжений τ при выбранной величине $[d]$.

Указания:

– для стержней круглого поперечного сечения стандартными являются следующие диаметры (в мм): в интервале от 5 до 40 – с шагом 1 мм, далее – 42, 44, 45, 48, 50, 52, 54, 55, 58, 60, 62, 65, 68, 70 и т. д. до 100 мм, затем – с шагом 5 мм;

– при определении допускаемой величины диаметра следует учесть, что перегрузка более 5% не допускается.

Данные к заданию № 4 приведены в табл. П5 и П6 (см. Приложение).

Задание № 5

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПРЯМОМ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Балка с заданной формой поперечного сечения нагружена внешней поперечной равномерно распределенной нагрузкой, внешними сосредоточенными силами и моментами.

5.1. Определить положение главных центральных осей поперечного сечения балки и вычислить главные центральные осевые моменты инерции поперечного сечения.

5.2. Определить опорные реакции. Построить эпюры поперечной силы $Q_y(z)$ и изгибающего момента $M_x(z)$.

5.3. Из условия прочности, для рационально расположенного сечения, определить допускаемое значение параметра нагрузки q .

5.4. Построить эпюру нормальных напряжений в опасном сечении при $q = [q]$.

Указания:

– обосновать выбор рационального поперечного сечения;

– показать распределение касательных напряжений в опасном сечении при $q = [q]$ (выполняется факультативно).

Данные к заданию № 5 приведены в табл. П7 (см. Приложение).

Задание № 6

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ

Статически неопределимая балка нагружена внешней поперечной равномерно распределенной нагрузкой, внешними сосредоточенными силами и моментами.

6.1. Раскрыть статическую неопределимость балки (рассмотреть несколько вариантов основных систем).

6.2. Построить эпюры поперечных сил $Q_y(z)$ и изгибающих моментов $M_x(z)$.

6.3. Выполнить деформационную проверку.

6.4. Проверить прочность балки.

6.5. Вычислить вертикальное перемещение балки в сечении K или угол поворота сечения A (см. расчетную схему).

Указания:

– принять материал Сталь 3: $[\sigma] = 160$ МПа, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;

– считать, что жесткость поперечного сечения балки при изгибе постоянна ($EJ = \text{const}$) по всей длине;

– проверить условие жесткости, приняв $[f] = 1/250$ от длины балки (выполняется факультативно);

– если условие прочности и/или жесткости не выполняется, предложить не менее трех вариантов повышения прочности (жесткости) балки.

Данные к заданию № 6 приведены в табл. П8 (см. Приложение).

Задание № 7

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

Балка нагружена пространственной системой сил.

7.1. Построить эпюры изгибающих моментов $M_x(z)$, $M_y(z)$ и продольных сил $N_z(z)$ (при ее наличии).

7.2. Для опасного сечения построить эпюры нормальных напряжений от продольной силы N_z и изгибающих моментов M_x и M_y .

7.3. Определить положение нейтральной линии и построить суммарную эпюру нормальных напряжений в опасном сечении.

7.4. Определить коэффициент запаса прочности системы. Проверить прочность балки.

Указания:

– принять $\sigma_T = 240$ МПа, $[n] = 1,5 \dots 2$;

– в случае $n < [n]$ предложить не менее трех вариантов повышения прочности балки.

Данные к заданию № 7 приведены в табл. П9 (см. Приложение).

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СОЧЕТАНИИ ИЗГИБА С КРУЧЕНИЕМ

Промежуточный вал редуктора электродвигателя постоянного диаметра d , передает мощность N .

8.1. Составить расчетную схему нагружения вала, определить приложенные к валу внешние нагрузки и опорные реакции.

8.2. Построить эпюры внутренних силовых факторов: изгибающих моментов $M_x(z)$, $M_y(z)$ и крутящего момента $M_z(z)$.

8.3. Определить диаметр вала из расчета на прочность по заданному критерию.

Указания:

- принять допускаемое напряжение для материала вала $[\sigma] = 160$ МПа;
- найденный диаметр вала округлить до ближайшего большего значения из ряда: в интервале от 5 до 40 – с шагом 1 мм, далее – 42, 44, 45, 48, 50, 52, 54, 55, 58, 60, 62, 65, 68, 70 и т. д. до 100 мм, затем – с шагом 5 мм;
- собственным весом и трением в подшипниках пренебречь.

Данные к заданию № 8 приведены в табл. П10 (см. Приложение).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ицкович, Г.М. Сопротивление материалов. Руководство к решению задач в 2 частях: учеб. пособие / Г.М. Ицкович, Л.С. Минин, А.И. Винокуров – 4-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2017.

2. Механика материалов и конструкций. Сборник задач / Ю.А. Окопный, В.П. Радин, В.Е. Хроматов и др. – М.: Машиностроение, 2004.

3. Окопный, Ю.А. Механика материалов и конструкций / Ю.А. Окопный, В.П. Радин, В.П. Чирков. – М.: Машиностроение, 2002.

4. Расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций электроэнергетического оборудования: учеб. пособие / О.А. Бабин, А.И. Мозгунова, А.И. Смирнов и др. – М.: Издательство МЭИ, 2025.

5. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: учебник / В.И. Феодосьев. – 17-е изд., испр. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Кафедра РМДиПМ

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине
«Сопротивление материалов»

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вариант _____

Студент _____

Группа _____

Руководитель _____

Работа допущена к защите _____

Дата _____ Подпись _____

Москва,
20 ____ г.

Рис. 1. Пример заполнения титульного листа

Таблица П1

№	$a, \text{м}$	$b, \text{м}$	$c, \text{м}$	$[\sigma], \text{МПа}$	Номер профиля
1	2,0	1,8	2,5	200	Швеллер № 10
2	2,0	2,4	1,8	160	Двутавр № 18
3	1,8	2,0	1,6	190	Швеллер № 18
4	2,0	1,7	1,5	180	Двутавр № 10
5	1,5	2,2	2,5	180	Швеллер № 24
6	1,8	2,0	2,0	190	Двутавр № 20
7	1,4	1,7	1,6	180	Швеллер № 22
8	1,8	2,0	1,8	180	Двутавр № 24
9	2,0	1,1	1,6	120	Швеллер № 20
10	1,5	1,8	2,0	200	Двутавр № 30
11	1,4	1,5	2,0	220	Швеллер № 27
12	1,6	2,0	1,5	180	Двутавр № 20
13	1,8	1,5	2,0	220	Швеллер № 40
14	2,0	1,7	1,6	200	Двутавр № 27
15	1,5	2,8	1,5	120	Швеллер № 30
16	2,0	2,0	2,2	180	Двутавр № 30
17	2,0	1,8	1,8	150	Швеллер № 33
18	1,1	2,2	1,6	140	Двутавр № 33
19	2,0	2,4	1,8	190	Швеллер № 40
20	1,0	1,8	1,5	180	Двутавр № 16
21	1,4	2,4	2,8	160	Швеллер № 18
22	1,9	2,0	2,3	190	Двутавр № 14
23	1,7	1,0	1,7	180	Швеллер № 12
24	1,9	2,7	1,7	180	Двутавр № 10
25	1,6	2,3	1,9	170	Швеллер № 10
26	1,8	1,5	1,5	140	Двутавр № 12

Таблица П2

№	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$F_1 \cdot 10^4, \text{м}^2$	$F_2 \cdot 10^4, \text{м}^2$	$\delta, \text{мм}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	k
1	0,45	0,30	15	30	0,08	20	1,5
2	0,52	0,28	12	21	0,09	25	1,3
3	0,50	0,50	15	25	0,10	30	1,5
4	0,42	0,60	13	27	0,05	35	1,7
5	0,50	0,50	10	25	0,08	50	2,0
6	0,60	0,60	12	21	0,07	25	1,4
7	0,72	0,45	18	32	0,10	20	1,1
8	0,48	0,32	12	20	0,08	40	2,0
9	0,70	0,50	14	27	0,09	55	2,1
10	0,44	0,70	12	22	0,01	25	1,5
11	0,40	0,62	12	20	0,08	20	1,7
12	0,38	0,45	10	20	0,09	30	1,4
13	0,45	0,40	8	18	0,08	35	1,5
14	0,50	0,60	10	24	0,01	40	2,4
15	0,40	0,35	12	20	0,07	50	2,3
16	0,35	0,45	15	24	0,011	60	2,5
17	0,39	0,62	13	21	0,08	30	2,3
18	0,70	0,43	20	28	0,08	40	1,4
19	0,45	0,55	10	20	0,08	50	1,3
20	0,50	0,35	14	24	0,07	55	1,7
21	0,65	0,30	10	35	0,012	35	1,3
22	0,75	0,75	18	30	0,011	30	1,4
23	0,50	0,42	14	27	0,013	40	1,3
24	0,70	0,50	15	24	0,011	25	1,3
25	0,65	0,50	15	30	0,012	35	1,5
26	0,5	0,7	8	28	0,1	40	2,0

Таблица ПЗ

№	l_1 , м	l_2 , м	$F_1 \cdot 10^4$, м ²	$F_2 \cdot 10^4$, м ²	δ , мм	φ , град
1	2,50	1,70	0,6	0,5	0,15	30
2	3,40	2,70	1,1	0,4	0,12	30
3	1,70	1,30	0,8	0,3	0,11	25
4	1,30	1,20	1,5	1,1	0,20	25
5	2,20	0,85	0,9	0,6	0,17	40
6	1,30	0,70	0,9	0,6	0,16	40
7	1,65	0,90	0,4	0,3	0,21	25
8	2,10	0,80	0,5	0,5	0,19	30
9	2,20	1,10	0,6	0,4	0,17	30
10	1,30	0,65	0,1	0,2	0,13	25
11	2,00	1,25	0,3	0,2	0,14	40
12	1,25	0,80	0,1	0,3	0,15	30
13	1,00	0,75	0,3	0,2	0,09	30
14	1,80	1,20	0,9	0,5	0,16	25
15	1,10	1,20	0,8	0,4	0,24	40
16	1,90	0,80	0,6	0,4	0,19	40
17	2,10	0,80	0,9	0,5	0,16	30
18	2,10	0,80	0,9	0,5	0,16	25
19	1,85	0,80	0,3	0,2	0,17	25
20	1,65	0,60	0,3	0,2	0,14	40
21	1,70	1,00	0,4	0,3	0,18	40
22	1,40	1,20	0,5	0,3	0,13	30
23	1,60	0,60	0,4	0,2	0,22	25
24	1,50	0,75	0,6	0,2	0,17	30
25	1,60	0,70	0,4	0,3	0,015	25
26	1,3	0,8	0,6	0,4	0,16	30

Таблица П4

№	Материал	$[\sigma]$, МПа	$E \cdot 10^{-5}$, МПа	α , 1/°C
1–2	Алюминий твердотянутый	100	0,71	$24,3 \cdot 10^{-6}$
3–4	Бронза твердотянутая	120	1,1	$17,5 \cdot 10^{-6}$
5–6	Бронза литая	110	1,0	$17,5 \cdot 10^{-6}$
7–8	Дюралюмин	100	2,7	$22,6 \cdot 10^{-6}$
9–10	Железо	160	1,9	$11,7 \cdot 10^{-6}$
11–12	Сталь	170	2,0	$12,5 \cdot 10^{-6}$
13–14	Латунь твердотянутая	140	1,0	$18,5 \cdot 10^{-6}$
15–16	Медь твердотянутая	130	0,9	$16,6 \cdot 10^{-6}$
17–18	Молибден	180	3,4	$5,0 \cdot 10^{-6}$
19–20	Никель	170	2,0	$13 \cdot 10^{-6}$
21–22	Свинец	80	0,16	$28 \cdot 10^{-6}$
23–24	Серебро твердотянутое	90	0,74	$19,5 \cdot 10^{-6}$
25–26	Сталь	240	2,1	$12,5 \cdot 10^{-6}$

Таблица П5

№	m_1 , кН·м	m_2 , кН·м	l_1 , м	l_2 , м	c_1	c_2
1	10	15	0,4	0,6	0,9	0,8
2	15	10	0,5	0,4	0,9	0,8
3	12	20	0,3	0,8	0,85	0,75
4	13	18	0,4	0,6	0,85	0,75
5	18	10	0,5	0,6	0,8	0,7
6	20	10	0,6	0,4	0,8	0,7
7	19	15	0,4	0,6	0,75	0,65
8	18	11	0,5	0,6	0,75	0,65
9	10	20	0,5	0,8	0,7	0,6
10	11	19	0,3	0,5	0,7	0,6
11	14	25	0,5	0,6	0,65	0,75
12	16	10	0,4	0,8	0,65	0,75
13	18	10	0,6	0,6	0,7	0,8
14	17	12	0,3	0,7	0,7	0,8
15	15	10	0,3	0,6	0,75	0,85
16	20	15	0,5	0,4	0,75	0,85
17	18	12	0,4	0,6	0,8	0,9
18	17	11	0,4	0,7	0,8	0,9
19	14	10	0,6	0,5	0,85	0,8
20	13	20	0,6	0,4	0,85	0,8
21	12	19	0,22	0,8	0,9	0,7
22	15	10	0,4	0,3	0,9	0,7
23	20	15	0,4	0,5	0,95	0,6
24	18	10	0,5	0,4	0,95	0,6
25	15	17	0,45	0,35	0,9	0,6
26	14	18	0,6	0,8	0,65	0,5

Таблица П6

№	τ_r , МПа	$[\theta]$, рад/м	$G \cdot 10^{-5}$, МПа	$[n]$
1	100	0,01	0,85	2,0
2	190	0,009	0,9	1,5
3	180	0,008	0,95	1,6
4	170	0,009	1,0	1,8
5	180	0,008	0,8	2,2
6	190	0,007	0,85	2,1
7	170	0,007	0,9	1,4
8	180	0,006	0,95	1,5
9	190	0,006	1,0	1,6
10	100	0,007	0,85	1,7
11	180	0,007	0,9	1,8
12	160	0,008	0,95	1,9
13	170	0,008	1,0	2,0
14	180	0,009	1,1	2,1
15	190	0,009	0,8	2,2
16	170	0,005	0,85	2,3
17	170	0,005	0,9	2,4
18	160	0,006	0,95	1,4
19	160	0,006	0,8	1,5
20	180	0,006	0,85	1,6
21	180	0,004	0,9	1,7
22	170	0,007	0,95	1,8
23	170	0,008	0,8	1,9
24	160	0,009	0,85	2,0
25	180	0,006	0,95	1,8
26	100	0,005	1,0	1,5

Таблица П7

№	l , м	a , м	b , м	h , м	$[\sigma]$, МПа	k
1	0,8	0,2	0,1	0,14	80	0,2
2	1,0	0,3	0,12	0,12	90	0,45
3	1,2	0,4	0,12	0,10	100	0,2
4	1,4	0,6	0,18	0,12	110	0,25
5	1,6	0,8	0,28	0,12	120	0,15
6	1,8	1,0	0,25	0,14	130	0,4
7	2,0	1,0	0,30	0,16	140	0,2
8	2,2	1,0	0,35	0,18	150	0,45
9	2,4	0,8	0,40	0,20	160	0,15
10	2,6	0,6	0,45	0,22	170	0,35
11	2,8	0,4	0,20	0,26	180	0,3
12	3,0	0,2	0,18	0,28	190	0,4
13	3,0	0,2	0,15	0,30	200	0,45
14	2,8	0,3	0,14	0,25	210	0,15
15	2,6	0,4	0,10	0,20	220	0,3
16	2,4	0,5	0,20	0,15	230	0,25
17	2,2	0,6	0,25	0,10	240	0,4
18	2,0	0,7	0,30	0,12	230	0,3
19	1,8	0,8	0,35	0,14	220	0,25
20	1,6	1,0	0,25	0,16	210	0,35
21	1,4	0,7	0,20	0,10	200	0,45
22	1,2	0,9	0,16	0,15	180	0,3
23	1,0	0,8	0,14	0,12	190	0,15
24	0,8	1,0	0,10	0,14	180	0,4
25	0,9	1,1	0,17	0,25	240	0,35
26	1,0	0,5	0,8	0,3	90	0,2

Таблица П8

№	l , м	a , м	b , м	c , м	P_1 , кН	P_2 , кН	Номер профиля
1	5,5	1,5	1,8	1,0	15	20	Двутавр № 33
2	5,8	1,2	1,5	1,3	20	15	Швеллер № 40
3	6,2	1,0	1,5	1,5	12	20	Двутавр № 16
4	5,5	1,3	1,7	1,2	10	12	Швеллер № 18
5	4,8	1,1	1,5	1,0	5	13	Двутавр № 14
6	6,8	1,0	1,0	1,2	12	6	Швеллер № 12
7	6,0	1,7	0,9	1,5	20	10	Двутавр № 10
8	5,5	1,5	1,7	1,5	14	12	Швеллер № 10
9	6,0	1,3	0,9	1,5	15	17	Швеллер № 24
10	6,6	1,3	0,9	1,6	13	20	Двутавр № 20
11	5,5	1,4	1,5	1,0	15	15	Швеллер № 22
12	5,0	1,2	1,0	1,3	25	10	Двутавр № 24
13	5,6	1,8	1,2	0,9	14	18	Швеллер № 20
14	5,9	1,3	1,0	1,2	17	10	Двутавр № 30
15	6,5	1,8	1,5	1,0	18	10	Швеллер № 27
16	6,0	1,5	1,7	1,0	14	14	Двутавр № 20
17	4,8	1,1	1,1	1,2	17	22	Швеллер № 40
18	6,2	1,7	0,9	1,8	12	12	Двутавр № 27
19	6,5	1,7	1,5	1,4	5	18	Швеллер № 30
20	5,0	1,3	1,1	1,4	13	8	Двутавр № 30
21	6,6	1,4	1,5	1,3	20	15	Швеллер № 33
22	5,5	1,4	1,3	1,6	14	14	Швеллер № 10
23	5,9	1,3	1,0	1,4	17	15	Двутавр № 18
24	6,5	1,5	1,9	1,5	20	13	Швеллер № 18
25	6,0	1,4	1,8	1,0	25	10	Двутавр № 10
26	4,8	0,5	0,8	1,0	30	16	Швеллер № 14

Таблица П9

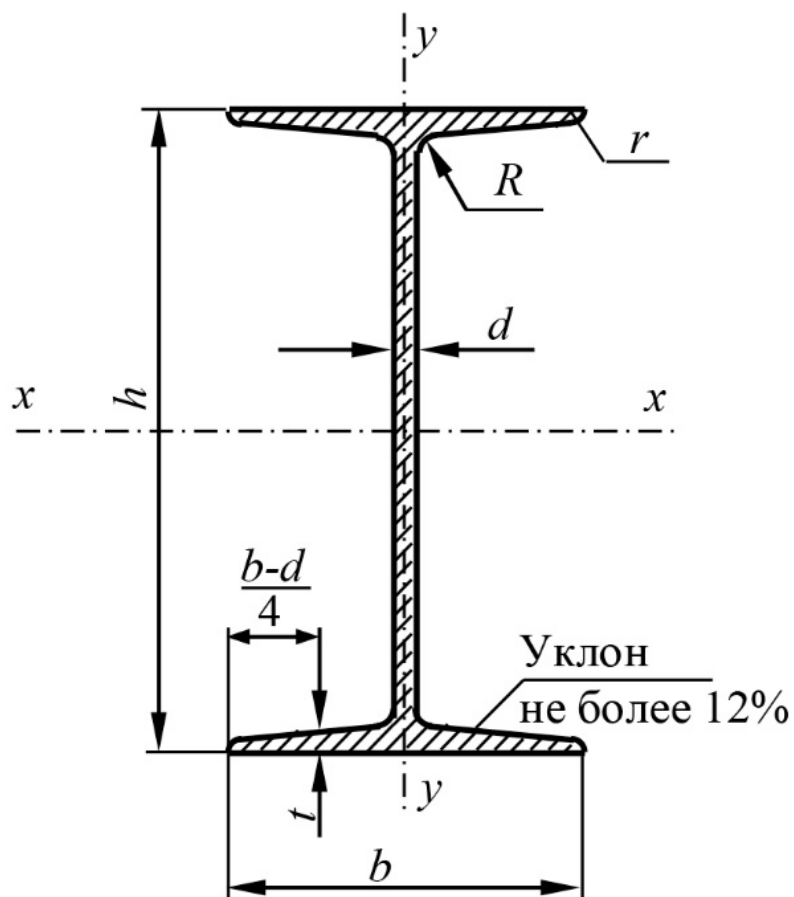
№	l_1 , м	l_2 , м	d , м	b , м	P , кН	$c = b/h$, $c = d_0/d$
1	0,8	0,4	0,05	0,02	2	0,6
2	0,9	0,5	0,06	0,03	10	0,62
3	1,0	0,6	0,07	0,04	3	0,64
4	1,1	0,7	0,08	0,05	4	0,66
5	1,2	0,8	0,09	0,25	5	0,68
6	1,3	0,9	0,1	0,35	6	0,7
7	1,4	1,0	0,05	0,45	7	0,72
8	1,5	1,1	0,06	0,55	8	0,74
9	1,6	0,8	0,07	0,22	9	0,76
10	1,5	0,7	0,08	0,24	10	0,78
11	1,4	0,6	0,09	0,26	1,5	0,8
12	1,3	0,5	0,1	0,28	2,5	0,82
13	1,2	0,4	0,05	0,30	3,5	0,84
14	1,0	0,3	0,06	0,28	4,5	0,86
15	0,9	0,9	0,07	0,26	5,5	0,88
16	0,8	0,7	0,08	0,24	6,5	0,9
17	0,7	0,8	0,05	0,22	7,5	0,55
18	0,5	0,4	0,06	0,20	8,5	0,65
19	0,6	0,8	0,07	0,02	9,5	0,75
20	0,7	0,9	0,08	0,03	10,5	0,85
21	0,8	1,0	0,06	0,04	7	0,9
22	0,7	1,2	0,07	0,05	8	0,85
23	0,6	1,1	0,04	0,25	9	0,75
24	0,5	1,5	0,05	0,35	10	0,65
25	0,6	1,7	0,06	0,24	8,5	0,55
26	1,0	1,8	0,1	0,08	12	0,5

Таблица П10

№	N, кВт	n, об/мин	Критерий прочности	l, м	a, м	c, м	b ₁ , м	b ₂ , м	D ₁ , м	D ₂ , м
1	15	300	Сен-Венан	1,0	0,4	0,2	0,05	0,03	0,3	0,4
2	12	400	Мизес	0,8	0,3	0,3	0,03	0,05	0,3	0,5
3	20	350	Сен-Венан	0,7	0,2	0,2	0,04	0,04	0,4	0,5
4	8	450	Мизес	0,9	0,4	0,2	0,03	0,05	0,4	0,5
5	12	800	Сен-Венан	1,0	0,3	0,4	0,04	0,03	0,6	0,5
6	12	650	Мизес	0,9	0,2	0,3	0,05	0,04	0,7	0,4
7	15	600	Сен-Венан	0,8	0,3	0,3	0,04	0,04	0,6	0,4
8	18	750	Сен-Венан	0,8	0,2	0,4	0,04	0,05	0,5	0,5
9	25	700	Сен-Венан	1,2	0,4	0,3	0,05	0,03	0,6	0,4
10	14	300	Сен-Венан	0,8	0,3	0,2	0,03	0,04	0,4	0,6
11	14	330	Мизес	0,7	0,2	0,4	0,04	0,04	0,3	0,5
12	15	400	Сен-Венан	1,0	0,3	0,3	0,05	0,05	0,5	0,6
13	16	770	Мизес	1,1	0,4	0,3	0,06	0,04	0,7	0,4
14	9	800	Сен-Венан	0,8	0,2	0,4	0,05	0,04	0,4	0,5
15	8	390	Сен-Венан	0,7	0,2	0,4	0,04	0,04	0,7	0,6
16	25	600	Мизес	0,9	0,3	0,2	0,04	0,03	0,5	0,3
17	12	650	Сен-Венан	1,2	0,4	0,3	0,05	0,03	0,3	0,4
18	15	350	Мизес	0,9	0,3	0,3	0,04	0,04	0,4	0,6
19	20	500	Сен-Венан	1,1	0,4	0,4	0,05	0,05	0,4	0,5
20	15	550	Мизес	1,0	0,3	0,4	0,04	0,04	0,6	0,5
21	18	700	Сен-Венан	1,4	0,4	0,5	0,05	0,05	0,7	0,5
22	14	720	Сен-Венан	0,9	0,3	0,3	0,04	0,05	0,6	0,6
23	15	470	Мизес	1,4	0,5	0,5	0,03	0,06	0,4	0,5
24	15	550	Сен-Венан	1,3	0,5	0,3	0,05	0,05	0,5	0,6
25	25	600	Мизес	1,1	0,4	0,4	0,06	0,04	0,4	0,4
26	40	720	Сен-Венан	1,0	0,2	0,3	0,03	0,03	0,3	0,8

ПРОКАТНЫЕ ПРОФИЛИ

Сталь горячекатаная. Балки двутавровые (ГОСТ 8239–89)



Обозначения:

h – высота балки;

b – ширина полки;

d – толщина стенки;

t – средняя толщина полки;

R – радиус внутреннего закругления;

J – момент инерции;

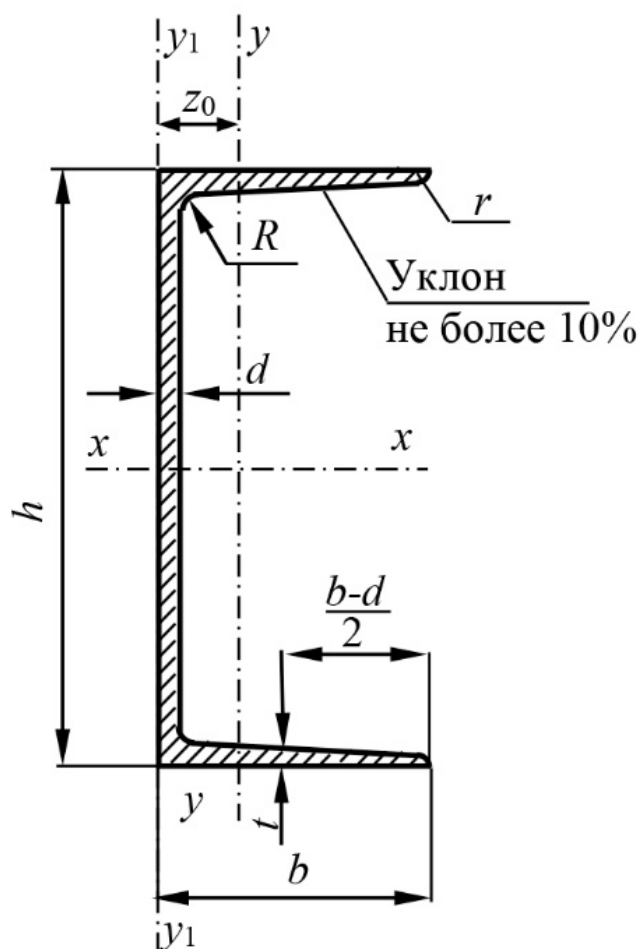
W – момент сопротивления;

S – статический момент полусечения;

i – радиус инерции;

r – радиус закругления полки

Номер балки	h , мм	b , мм	d , мм	t , мм	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	J_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	J_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см
10	100	55	4,5	7,2	12	9,46	198	39,7	4,06	23	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,5	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,7	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5	7,8	20,2	15,9	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,7
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	19,9	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	22,7	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	25,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,5
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,3	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	29,4	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	270	125	6	9,8	40,2	31,5	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	270	135	6	10	43,2	33,9	5500	407	11,3	229	337	50	2,8
30	300	135	6,5	10	46,5	36,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	300	145	6,5	11	49,9	39,2	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	330	140	7	11	53,8	42,2	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12	61,9	48,6	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,98
40	400	155	8,3	13	72,6	57	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	450	160	9	14	84,7	66,5	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	500	170	10	15	100	78,5	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	550	180	11	17	118	92,6	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39
60	600	190	12	18	138	108	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54
65	650	200	12	19	153	120	101400	3120	25,8	1800	2170	217	3,77
70	700	210	13	21	176	138	134600	3840	27,7	2230	2730	260	3,94
70a	700	210	15	24	202	158	152700	4360	27,5	2550	3240	309	4,01
70б	700	210	18	28	234	184	175370	5010	27,4	2940	3910	373	4,09



Обозначения:

h – высота балки;

b – ширина полки;

d – толщина стенки;

t – средняя толщина полки;

R – радиус внутреннего закругления;

J – момент инерции;

W – момент сопротивления;

S – статический момент полусечения;

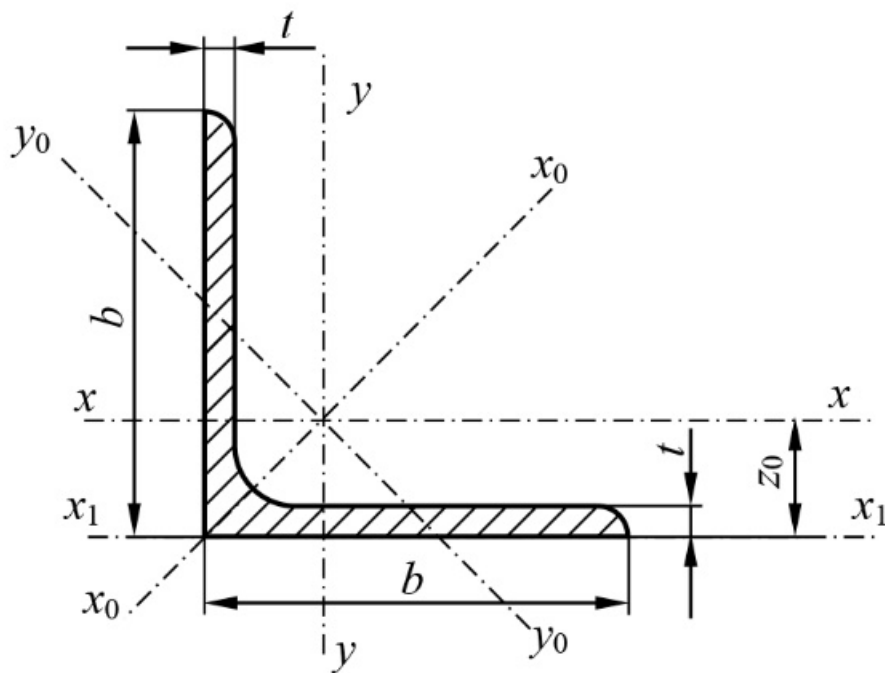
i – радиус инерции;

r – радиус закругления полки;

z_0 – расстояние от оси $y - y$ до наружной грани стенки

Номер балки	h , мм	b , мм	d , мм	t , мм	Площадь сечения, см^2	Масса 1 м, кг	J_x , см^4	W_x , см^3	i_x , см	S_x , см^3	J_y , см^4	W_y , см^3	i_y , см	z_0 , см
5	50	32	4,4	7	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	5,9	48,6	15	2,54	9	8,7	3,68	1,08	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,9	8,59	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,3	10,4	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,6	12,3	491	70,2	5,6	40,8	45,4	11	1,7	1,67
14a	140	62	4,9	8,7	17	13,3	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	160	64	5	8,4	18,1	14,2	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,8
16a	160	68	5	9	19,5	15,3	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2
18	180	70	5,1	9,7	20,7	16,3	1090	121	7,24	69,8	86	17	2,04	1,94
18a	180	74	5,1	9,3	22,2	17,4	1190	132	7,32	76,1	105	20	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9	23,4	18,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,2	2,07
20a	200	80	5,2	9,7	25,2	19,8	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	220	82	5,4	9,5	26,7	21	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	220	87	5,4	10	28,8	22,6	2330	212	8,99	121	187	30	2,55	2,46
24	240	90	5,6	10	30,6	24	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,6	2,42
24a	240	95	5,6	11	32,9	25,8	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,79	2,67
27	270	95	6	11	35,2	27,7	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11	40,5	31,8	5810	387	12	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7	12	46,5	36,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	13	53,4	41,9	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,1	2,68
40	400	115	8	14	61,5	48,3	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Сталь прокатная угловая равнополочная (ГОСТ 8509–93)



Обозначения:

b – ширина полки;

t – толщина полки;

J – момент инерции;

i – радиус инерции;

z_0 – расстояние от центра тяжести до наружной грани полки

Номер уголка	b , мм	t , мм	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м уголка, кг	J_x , см ⁴	i_x , см	$J_{x0\max}$, см ⁴	$i_{x0\max}$, см	$J_{y0\min}$, см ⁴	$i_{y0\min}$, см	z_0 , см
2	20	3	1,13	0,89	0,4	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,6
		4	1,46	1,15	0,5	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	0,64
2,5	25	3	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	0,73
		4	1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	0,76
2,8	28	3	1,62	1,27	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	0,80
3	30	3	1,74	1,36	1,45	0,91	2,3	1,15	0,6	0,59	0,85
		4	2,27	1,78	1,84	0,8	2,92	1,13	0,77	0,58	0,89
3,2	32	3	1,86	1,46	1,77	0,97	2,8	1,23	0,74	0,63	0,89
		4	2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	0,94
3,5	35	3	2,04	1,6	2,35	1,07	3,72	1,35	0,97	0,69	0,97
		4	2,17	2,1	3,01	1,06	4,76	1,33	1,25	0,68	1,01
		5	3,28	2,58	3,61	1,05	5,71	1,32	1,52	0,68	1,05

Продолжение табл.

Номер уголка	b , мм	t , мм	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м уголка, кг	J_x , см ⁴	i_x , см	J_{x0max} , см ⁴	i_{x0max} , см	J_{y0min} , см ⁴	i_{y0min} , см	z_0 , см
4	40	3	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,9	0,78	1,13
		5	3,79	2,98	5,53	1,21	8,75	1,52	2,3	0,78	1,17
4,5	45	3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	1,21
		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,52	1,74	2,74	0,89	1,26
		5	4,29	3,37	8,03	1,37	12,74	1,72	3,33	0,88	1,3
5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,27	1,95	2,95	1	1,33
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,63	1,94	3,8	0,99	1,38
		5	4,8	3,77	11,2	1,53	17,77	1,92	4,63	0,98	1,42
		6	5,69	4,47	13,07	1,52	20,72	1,91	5,43	0,98	1,46
5,6	56	4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,79	2,18	5,41	1,11	1,52
		5	5,41	4,25	15,97	1,72	25,36	2,16	6,59	1,1	1,57
6	60	4	4,72	3,71	16,21	1,85	25,69	2,33	6,72	1,19	1,62
		5	5,83	4,58	19,79	1,84	31,4	2,32	8,18	1,18	1,66
		6	6,92	5,43	23,21	1,83	36,81	2,31	9,6	1,18	1,70
		8	9,04	7,1	29,55	1,81	46,77	2,27	12,34	1,17	1,78
		10	11,08	8,7	35,32	1,79	55,64	2,24	15	1,16	1,85
6,3	63	4	4,96	3,9	18,86	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,8	2,44	9,52	1,25	1,74
		6	7,28	5,72	27,06	1,93	42,91	2,43	11,18	1,24	1,78
7	70	4,5	6,2	4,87	29,04	2,16	46,03	2,72	12,04	1,39	1,88
		5	6,86	5,38	31,94	2,16	50,67	2,72	13,22	1,39	1,90
		6	8,15	6,39	37,58	2,15	59,64	2,71	15,52	1,38	1,94
		7	9,42	7,39	42,98	2,14	68,19	2,69	17,77	1,37	1,99
		8	10,67	8,37	48,16	2,12	76,35	2,68	19,97	1,37	2,02
7,5	75	5	7,39	5,8	39,53	2,31	62,65	2,91	16,41	1,49	2,02
		6	8,78	6,89	46,57	2,3	73,87	2,9	19,28	1,48	2,06
		7	10,15	7,96	53,34	2,29	84,61	2,89	22,07	1,47	2,1
		8	11,5	9,02	59,84	2,28	94,89	2,87	24,8	1,47	2,15
		9	12,83	10,07	66,1	2,27	104,72	2,86	27,48	1,46	2,18
8	80	5,5	8,63	6,78	52,68	2,47	83,56	3,11	21,8	1,59	2,17
		6	9,38	7,36	56,97	2,47	90,4	3,11	23,54	1,58	2,19
		7	10,85	8,51	65,31	2,45	103,6	3,09	26,97	1,58	2,23
		8	12,3	9,65	73,36	2,44	116,39	3,08	30,32	1,57	2,27
9	90	6	10,61	8,33	82,1	2,78	130	3,5	33,87	1,79	2,43
		7	12,28	9,64	94,3	2,77	149,67	3,49	38,94	1,78	2,47
		8	13,93	10,93	106,1	2,76	168,42	3,48	43,8	1,77	2,51
		9	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	2,55

Продолжение табл.

Номер уголка	b , мм	t , мм	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м уголка, кг	J_x , см ⁴	i_x , см	J_{x0max} , см ⁴	i_{x0max} , см	J_{y0min} , см ⁴	i_{y0min} , см	z_0 , см
10	100	6,5	12,82	10,06	122,1	3,09	193,46	3,89	50,73	1,99	2,68
		7	13,75	10,79	130,6	3,08	207,01	3,88	54,16	1,98	2,71
		8	15,6	12,25	147,2	3,07	233,46	3,87	60,92	1,98	2,75
		10	19,24	15,1	179	3,05	283,83	3,84	74,08	1,96	2,83
		12	22,8	17,9	208,9	3,03	330,95	3,81	86,84	1,95	2,91
		14	26,28	20,63	237,2	3	374,98	3,78	99,32	1,94	2,99
		16	29,68	23,3	263,8	2,98	416,04	3,74	111,61	1,94	3,06
11	110	7	15,15	11,89	175,6	3,4	278,54	4,29	72,68	2,19	2,96
		8	17,2	13,5	198,2	3,39	314,51	4,28	81,83	2,18	3
12	120	8	18,8	14,76	259,8	3,72	412,45	4,68	107,04	2,39	3,25
		9	23,24	18,24	317,2	3,69	503,79	4,66	130,54	2,37	3,33
		10	27,6	21,67	371,8	3,67	590,28	4,62	153,33	2,36	3,41
		15	33,99	26,68	448,9	3,63	711,32	4,57	186,48	2,34	3,53
12,5	125	8	19,69	15,46	294,4	3,87	466,76	4,87	121,98	2,49	3,36
		9	22	17,3	327,5	3,86	520	4,86	135,88	2,48	3,4
		10	24,33	19,1	359,8	3,85	571,04	4,84	148,59	2,47	3,45
		12	28,89	22,68	422,2	3,82	670,02	4,82	174,43	2,46	3,53
		14	33,37	26,2	481,8	3,8	763,9	4,78	199,62	2,45	3,61
		16	37,77	29,65	538,6	3,78	852,84	4,75	224,29	2,44	3,68
14	140	9	24,72	19,41	465,7	4,34	739,42	5,47	192,03	2,79	3,78
		10	27,33	21,45	512,3	4,33	813,62	5,46	210,96	2,78	3,82
		12	32,49	25,5	602,5	4,31	956,98	5,43	248,01	2,76	3,9
15	150	10	29,33	23,02	634,8	4,65	1008,56	5,86	260,97	2,98	4,07
		12	34,89	27,39	747,5	4,63	1187,86	5,83	307,09	2,97	4,15
		15	43,08	33,82	908,4	4,59	1442,6	5,79	374,17	2,95	4,27
		18	51,09	40,11	1060	4,56	1680,92	5,74	438,24	2,93	4,38
6	160	10	31,43	24,67	774,2	4,96	1229,1	6,25	319,38	3,19	4,3
		11	34,42	27,02	844,2	4,95	1340,06	6,24	347,77	3,18	4,35
		12	37,39	28,35	912,9	4,94	1450	6,23	357,78	3,17	4,39
		14	43,57	33,97	1046	4,92	1662,13	6,2	430,81	3,16	4,47
		16	49,07	38,52	1175	4,89	1865,73	6,17	484,64	3,14	4,55
		18	54,79	43,01	1290	4,87	2061,03	6,13	537,46	3,13	4,63
		20	60,4	47,44	1419	4,85	2248,26	6,1	589,43	3,12	4,7
18	180	11	38,8	30,47	1216	5,6	1933,1	7,06	499,78	3,59	4,85
		12	42,19	33,12	1317	5,59	2092,78	7,04	540,45	3,58	4,89
20	200	12	47,1	36,97	1823	6,22	2896,16	7,84	749,4	3,99	5,37
		13	50,85	39,92	1961	6,21	3116,18	7,83	805,35	3,98	5,42
		14	54,6	42,8	2097	6,2	3333	7,81	861	3,97	5,46
		16	61,98	48,65	2363	6,17	3755,39	7,78	969,74	3,96	5,54
		20	76,54	60,08	2871	6,12	4560,42	7,72	11,81,92	3,93	5,7

Производственно-практическое издание

Бабин Олег Анатольевич
Мозгунова Анна Ивановна
Цой Валерьян Эдуардович

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания

Редактор С.В. Казакова
Компьютерная верстка А.В. Худяковой

Подписано в печать	20.08.25.	Печать ризография	Формат 60x84 1/16
Печ. л. 1,75	Тираж 50 экз.	Изд. № 25-085	Заказ №

Оригинал-макет подготовлен в РИО НИУ «МЭИ».
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14.
Отпечатано в типографии НИУ «МЭИ».
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 13.