

К.А.ЦВЕТКОВ

ПРОСТЫЕ ВИДЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯ

**ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»**

**Задания для выполнения
расчётно-графической
работы**

К.А.ЦВЕТКОВ

ПРОСТЫЕ ВИДЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯ

**ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»**

*для студентов, обучающихся по направлению подготовки
01.03.04. Прикладная математика,
уровень образования – бакалавриат.*

**Задания для выполнения
расчётно-графической работы**

УДК 539.3(075.8)

ББК 30.121я73-1

Ц27

ISBN 978-5-9908166-5-7

Ц27 К.А.Цветков Простые виды сопротивления стержня. Практикум по дисциплине «Механика материалов». Задания для выполнения расчётно-графической работы. Учебное издание / Москва. ООО «Ваш формат». 2016. — 60 с.

Настоящее учебное издание содержит задания для выполнения расчётно-графической работы в соответствии с программой дисциплины «Механика материалов», изучаемой студентами НИУ МГСУ, проходящими подготовку по направлению 01.03.04. «Прикладная математика». Расчётно-графическая работа включает вопросы определения усилий, напряжений, деформаций и перемещений в стержнях, испытывающих простые виды сопротивления: осевое растяжение (сжатие) и плоский прямой изгиб. Задания также предусматривают выполнение расчётов на прочность, устойчивость и жёсткость по методу предельных состояний. С использованием настоящего практикума преподавателями могут быть подготовлены более ста индивидуальных вариантов. При подготовке издания был учтён богатый опыт кафедры «Сопротивления материалов» НИУ МГСУ по преподаванию дисциплин, посвящённых изучению различных разделов механики деформируемого твёрдого тела.

ISBN 978-5-9908166-5-7

УДК 539.3(075.8)

ББК 30.121я73-1



9 785990 816657

Содержание

Требования к оформлению, сдаче и защите расчётно-графической работы	4
Часть I. Осевое растяжение и сжатие стержня. Определение усилий, напряжений, деформаций и перемещений. Расчёты на прочность, устойчивость и жёсткость	6
Задание к расчёту 1.1	6
Задание к расчёту 1.2	11
Задание к расчёту 1.3	16
Контрольные вопросы для допуска к защите 1-й части расчётно-графической работы	18
Пример выдачи задания к 1-й части расчётно- графической работы	19
Часть II. Плоский прямой изгиб стержня. Определение усилий, напряжений и перемещений. Расчёт на прочность и жёсткость	20
Задание к расчётам 2.1а-2.1ж	20
Расчёт 2.2	29
Расчёт 2.3.1	33
Расчёт 2.3.2	35
Контрольные вопросы для допуска к защите 2-й части расчётно-графической работы	36
Пример выдачи задания ко 2-й части расчётно- графической работы	37
Приложения	38

Требования к оформлению, сдаче и защите расчётно-графической работы (ргр).

1. РГР выполняется в соответствии с индивидуальным вариантом, который выдаётся преподавателем.
2. Перед выполнением ргр необходимо в соответствии с тематикой работы и указаниями преподавателя ознакомиться с теоретическим материалом, используя для этого конспект лекций, основную и дополнительную литературу, предусмотренную учебной программой, а также с методами расчётов, рассмотренных на практическом занятии.
3. РГР выполняются на листах формата А4 или на миллиметровке. Обязательно наличие титульного листа с указанием темы ргр, фамилии, имени, отчества студента, преподавателя, варианта.
4. Все задачи должны сопровождаться аккуратными рисунками, выполненными в относительном масштабе и снабжёнными необходимыми размерами и комментариями. Все буквенные размеры на рисунках и в расчётах должны быть заменены на цифровые значения.
5. В расчётах обязательно указание размерностей.
6. Расчёты должны быть снабжены необходимыми пояснениями, отражающими логичный ход решения задачи, связь практических решений с теоретическими сведениями. Расчёты должны содержать основные формулы в буквенном виде.
7. В случае, если студент испытывает затруднения при работе над ргр, а также для проверки правильности решений рекомендуем ознакомиться со 2-й частью настоящего практикуму: «Простые виды сопротивления стержня. Примеры расчётов».
8. После выполнения одной из частей ргр студент предоставляет её на проверку преподавателю.

9. Для защиты ргр необходимо защитить каждую из её частей.
10. При защите ргр студент должен продемонстрировать:
 1. Теоретические знания, связанные с темой защищаемой части ргр (ответить на 1-2 вопроса в объёме информации, полученной на практическом занятии);
 2. Понимание хода выполнения работы, значение всех обозначений и формул, используемых при выполнении защищаемой части ргр, алгоритма решения задач.
 3. Навыки в решении задач по теме защищаемой части ргр (самостоятельно решить небольшую задачу по теме ргр).
11. Студент, не защитивший ргр, допускается к повторной защите только на следующем занятии.

ЧАСТЬ I.

ОСЕВОЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ СТЕРЖНЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ, НАПРЯЖЕНИЙ, ДЕФОРМАЦИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ. РАСЧЁТЫ НА ПРОЧНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ И ЖЁСТКОСТЬ.

Задание к расчёту 1.1а.

Для стержневой системы, состоящей из абсолютно жёсткой балки АВ и поддерживающего её стального стержня (рис.1.1, номер схемы принимается в зависимости от варианта задания), требуется:

1. Из условия прочности подобрать сечение поддерживающего стержня;
2. Проверить жёсткость стержня, при условии, что предельно допустимое значение абсолютной деформации стержня

$$\Delta l_u = \frac{l}{500}$$

Исходные данные для расчёта:

-) конструкция узла сопряжения балки и поддерживающего стержня обеспечивает осевую передачу нагрузки от балки на стержень;
-) величины действующих нормативных нагрузок, геометрические размеры системы принять в зависимости от варианта по таблице 1.1;
-) коэффициенты метода предельных состояний: коэффициент условий работы $\gamma_c=0,9$, коэффициенты надёжности по нагрузке $\gamma_{f1}=1,1$ – для сосредоточенной нагрузки и $\gamma_{f2}=1,2$ – для распределённой нагрузки;
-) прочностные и деформативные характеристики материала стержня:

Расчётное сопротивление стали по пределу текучести $R=210\text{МПа}$, модуль упругости стали $E=2,1 \times 10^5 \text{ МПа} = 2,1 \times 10^4 \text{ кН/см}^2$.

Задание к расчёту 1.16.

Рассматривается стержневая система, состоящая из абсолютно жёсткой балки АВ и поддерживающего её стального стержня (рис.1.1., номер схемы принимается в зависимости от варианта задания). При известных нагрузках, действующих на систему, и размерах сечения поддерживающего стержня требуется:

1. Проверить прочность стержня;

2. В случае если прочность не обеспечена – определить расчётное сечение стержня, при котором дефицит несущей способности будет ликвидирован.. Если выявлен запас прочности – определить до какой максимальной величины можно увеличить силу P_1 , не нарушив выполнение условия прочности.

3. Проверить жёсткость стержня, при условии, что предельно допустимое значение абсолютной деформации стержня

$$\Delta l_u = \frac{l}{500}.$$

Жёсткость проверить для окончательного варианта, выбранного по итогам расчётов п.2.

Исходные данные для расчёта:

-) конструкция узла сопряжения балки и поддерживающего стержня обеспечивает осевую передачу нагрузки от балки на стержень;
-) величины действующих нормативных нагрузок, геометрические размеры системы принять в зависимости от варианта по таблице 1.1;
-) коэффициенты метода предельных состояний: коэффициент условий работы $\gamma_c=0,9$, коэффициенты надёжности по нагрузке $\gamma_{f1}=1,1$ – для сосредоточенной нагрузки и $\gamma_{f2}=1,2$ – для распределённой нагрузки;
-) прочностные и деформативные характеристики материала стержня:

Расчётное сопротивление стали по пределу текучести $R=210\text{МПа}$, модуль упругости стали $E=2,1 \times 10^5 \text{ МПа} = 2,1 \times 10^4 \text{ кН/см}^2$.

Таблица 1.1 Исходные данные для расчётов 1.1а и 1.1б

№	a, м	b, м	c, м	h, м	P1, кН	P2, кН	q, кН/м	Сечение стержня (только для расчёта 1.1б)
1	0,8	0,8	1,1	1,5	200	50	40	Ø24
2	0,7	1,0	1,5	1,1	250	70	30	2L90×90×8
3	0,6	0,6	1,0	1,0	300	100	50	L180×110×10
4	0,9	0,9	0,9	0,8	400	150	25	2L110×70×8
5	1,1	0,6	1,4	1,3	180	50	30	Ø18
6	1,2	1,0	1,7	1,0	170	100	40	L100×100×8
7	0,8	1,0	1,3	1,2	400	100	30	2[10y
8	1,1	0,8	1,6	1,5	450	200	40	2[12y
9	0,8	0,8	0,8	0,9	300	120	50	2L140×90×8
10	0,9	1,0	1,2	1,0	250	180	50	Ø32
11	0,8	1,0	1,0	1,2	200	100	50	Ø16
12	1,0	1,1	1,6	1,4	180	150	40	■50×50
13	0,7	1,0	1,2	0,7	130	70	80	Ø22
14	0,8	0,9	1,4	1,8	115	50	60	■80×80
15	0,8	1,0	1,5	1,5	450	30	30	2[10y

Условные обозначения к таблице 1.1:

Ø24 – круглый стержень с диаметром 24мм;

■50×50 – квадратный стержень, размеры сторон сечения в мм;

L180×110×10 – стержень из 2-х неравнополочных уголков, размеры полок и толщина стенки в мм;

2L180×110×10 – то же, но из 2-х уголков;

L100×100×8 – стержень из равнополочных уголков, размеры полок и толщина стенки в мм;

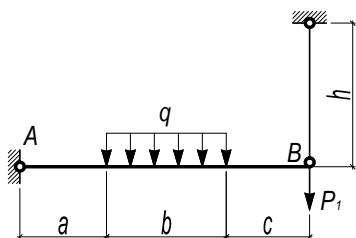
2[10y – стержень из 2-х швеллеров №10, индекс «у» означает, что швеллер с уклоном внутренних граней полок.

Геометрические характеристики уголков и швеллеров приведены в сорimente прокатной стали.

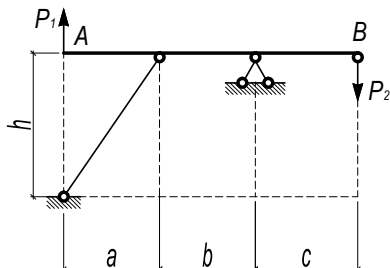
Рис.1.1 (Схемы к расчётам 1.1а и 1.1б.)

Расчётные схемы стержневых систем.

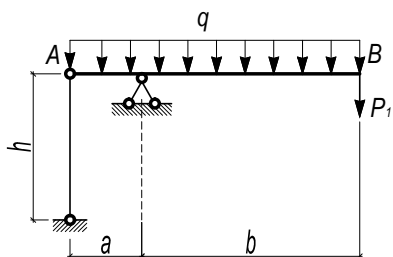
1



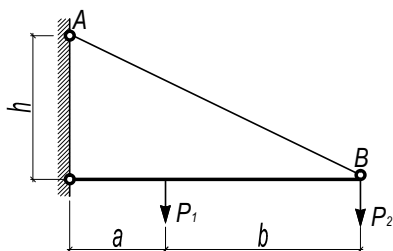
2



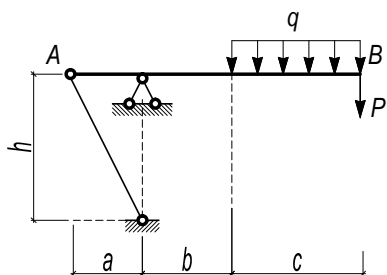
3



4



5



6

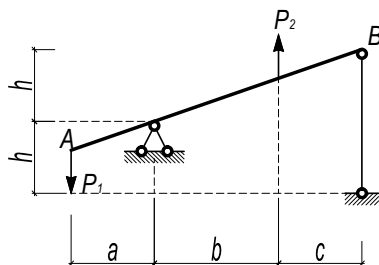
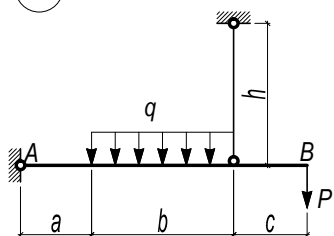
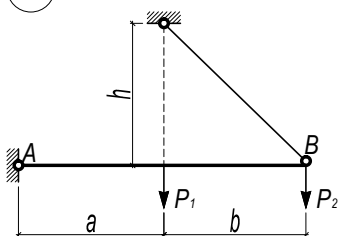


Рис.1.1 (Продолжение)

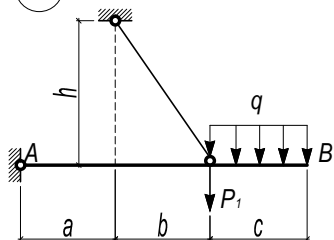
7



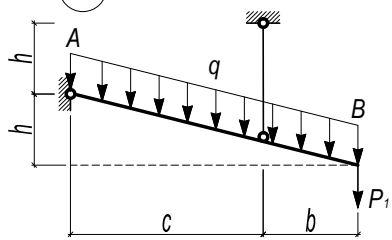
8



9



10



11

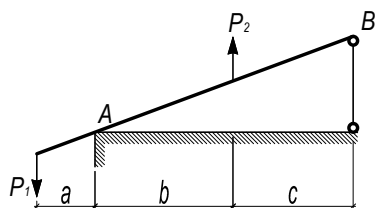
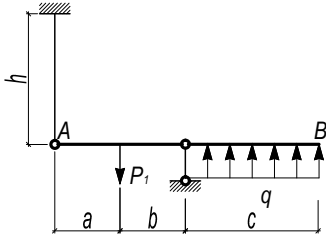
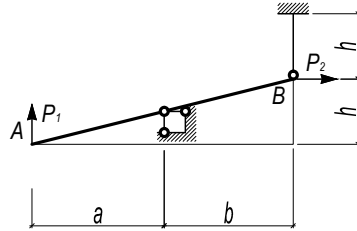


Рис.1.1 (Окончание)

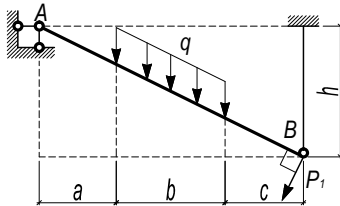
12



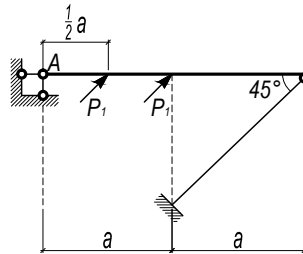
13



14



15



Задание к расчёту 1.2.

Для чугунного стержня ступенчато постоянного сечения, торцы которого жёстко закреплены, необходимо построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Проверить прочность. В случае, если прочность стержня обеспечена, построить эпюру осевых перемещений.

Исходные данные для расчёта:

-) Расчётная схема стержня приведена на рис. 1.2.1. (№ схемы принимается в зависимости от варианта);
-) Предварительным расчётом установлено, что рассматрива-

ваемый стержень относится к стержням малой гибкости ($\lambda < 50$). Расчёт на устойчивость не требуется;

-) величины действующих нормативных нагрузок, геометрические размеры стержня принять в зависимости от варианта по таблице 1.2. Сечения участков стержня указаны на рис.1.2.2;
-) коэффициенты метода предельных состояний: коэффициент надёжности по материалу $\gamma_m = 1,3$, коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$, коэффициенты надёжности по нагрузке $\gamma_{fl} = 1,1$.
-) прочностные и деформативные характеристики материала стержня:

Временное сопротивление чугуна сжатию $\sigma_{сж}^{вр} = 280 \text{ МПа}$;

Временное сопротивление чугуна растяжению $\sigma_p^{вр} = 120 \text{ МПа}$.

Модуль упругости чугуна $E = 1,15 \times 10^5 \text{ МПа}$.

Таблица 1.2. Исходные данные для расчёта 1.2.

№ п.п.	№ схемы на рис.1.2.1.	Длины участков стержня			Нормативные нагрузки			Сечения участков стержня (рис.1.2.2)		
		а,м	б,м	с,м	P ₁ ,кН	P ₂ ,кН	q,кН/м	I-I	II-II	III-III
1	1	0,4	0,6	-	180	-	25	А	Б	-
2	2	0,4	1,0	0,2	250	150	-	Б	А	Б
3	3	0,5	0,5	0,5	380	-	20	А	Б	А
4	4	0,5	0,5	0,7	250	180	-	Б	А	-
5	5	0,7	0,7	0,3	100	-	40	А	Б	А
6	6	0,3	0,5	0,5	200	120	-	А	Б	-
7	7	0,4	1,1	0,2	120	-	80	А	Б	-
8	8	0,6	0,8	0,4	100	-	80	А	Б	-
9	9	0,4	1,2	-	200	-	50	Б	А	-
10	10	0,4	0,6	0,4	70	-	50	Б	А	Б
11	11	0,4	0,7	0,5	80	-	100	Б	А	-
12	12	0,5	0,6	0,4	70	120	-	А	Б	А
13	13	0,4	0,6	0,7	150	-	100	А	Б	-

14	14	0,5	0,6	0,4	100	70	-	Б	А	Б
15	15	0,4	1,2	0,4	200	-	40	Б	В	-
16	1	0,5	0,8	-	220	-	30	А	В	-
17	2	0,5	0,7	0,4	170	100	-	Б	А	Б
18	3	0,4	1,1	0,4	300	-	40	Б	В	Б
19	4	0,4	0,4	0,6	350	200	-	В	Б	-
20	5	0,5	0,9	0,5	200	-	70	А	Б	А
21	6	0,6	0,4	0,4	120	200	-	А	Б	-
22	7	0,5	0,3	0,4	180	-	50	А	Б	-
23	8	0,4	0,7	0,5	70	-	100	А	Б	-
24	9	0,5	1,3	-	100	-	80	В	А	-
25	10	0,3	1,2	0,5	100	-	40	Б	А	Б
26	11	0,3	0,6	1,0	100	-	50	Б	А	-
27	12	0,6	1,0	0,4	120	70	-	А	Б	А
28	13	0,5	0,6	0,4	150	-	70	А	Б	-
29	14	0,3	0,5	1,0	100	110	-	В	Б	В
30	15	0,4	0,5	0,6	70	-	100	А	В	-
31	1	0,7	1,2	-	150	-	40	Б	В	-
32	2	0,5	0,9	0,4	300	170	-	В	Б	В
33	3	0,9	0,8	0,3	280	-	30	В	Б	В
34	4	0,4	0,7	0,8	120	350	-	В	Б	-
35	5	0,6	0,8	0,3	200	-	80	Б	В	Б
36	6	0,4	0,7	0,7	200	250	-	В	Б	-
37	7	0,3	0,5	0,7	100	-	60	А	Б	-
38	8	0,8	0,7	0,4	120	-	80	Б	В	-
39	9	0,4	0,8	-	70	-	70	Б	А	
40	10	0,3	0,5	0,7	80	-	100	В	Б	В
41	11	0,3	0,7	0,5	120	-	50	В	Б	-
42	12	0,3	0,8	0,6	200	100	-	Б	В	Б
43	13	0,5	0,5	0,4	120	-	50	А	Б	-
44	14	0,7	0,5	0,3	100	50	-	Б	А	В
45	15	0,8	0,5	0,4	50	-	120	А	Б	-
46	1	0,6	1,4	-	100	-	70	А	Б	-
47	2	0,4	1,2	0,3	120	290	-	Б	А	Б
48	3	0,7	0,6	0,5	200	-	15	А	Б	А
49	4	0,3	0,3	1,2	160	380	-	Б	А	-
50	5	0,4	0,5	0,3	150	-	60	А	Б	А
51	6	0,5	0,6	0,4	220	190	-	В	Б	-
52	7	0,4	0,6	0,7	70	-	50	А	Б	-

53	8	0,4	0,6	0,6	100	-	100	A	В	-
54	9	0,3	0,9	-	50	-	100	В	Б	-
55	10	0,4	0,5	0,6	80	-	40	В	А	В
56	11	0,3	0,5	0,8	120	-	30	В	А	-
57	12	0,4	1,2	0,3	150	100	-	В	Б	-
58	13	0,6	0,4	0,7	80	-	50	А	В	-
59	14	0,4	0,6	0,5	80	110	-	В	Б	В
60	15	0,6	0,4	0,5	200	-	70	Б	В	-

Рис.1.2.1 к расчету 1.2
Расчетные схемы стержней

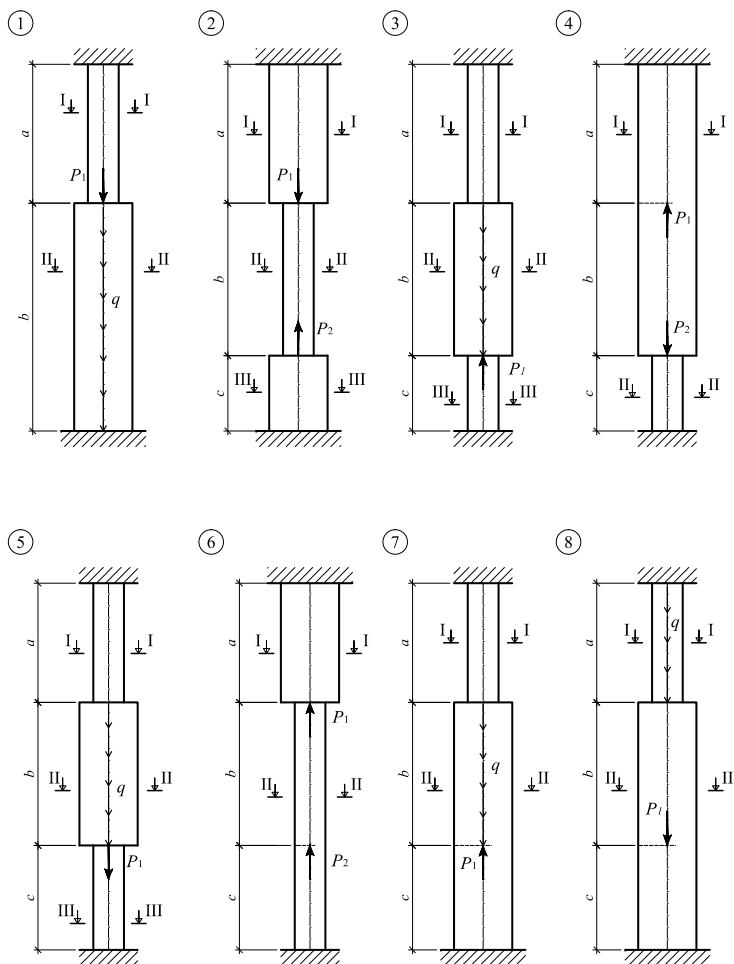


Рис.1.2.1 (Продолжение)

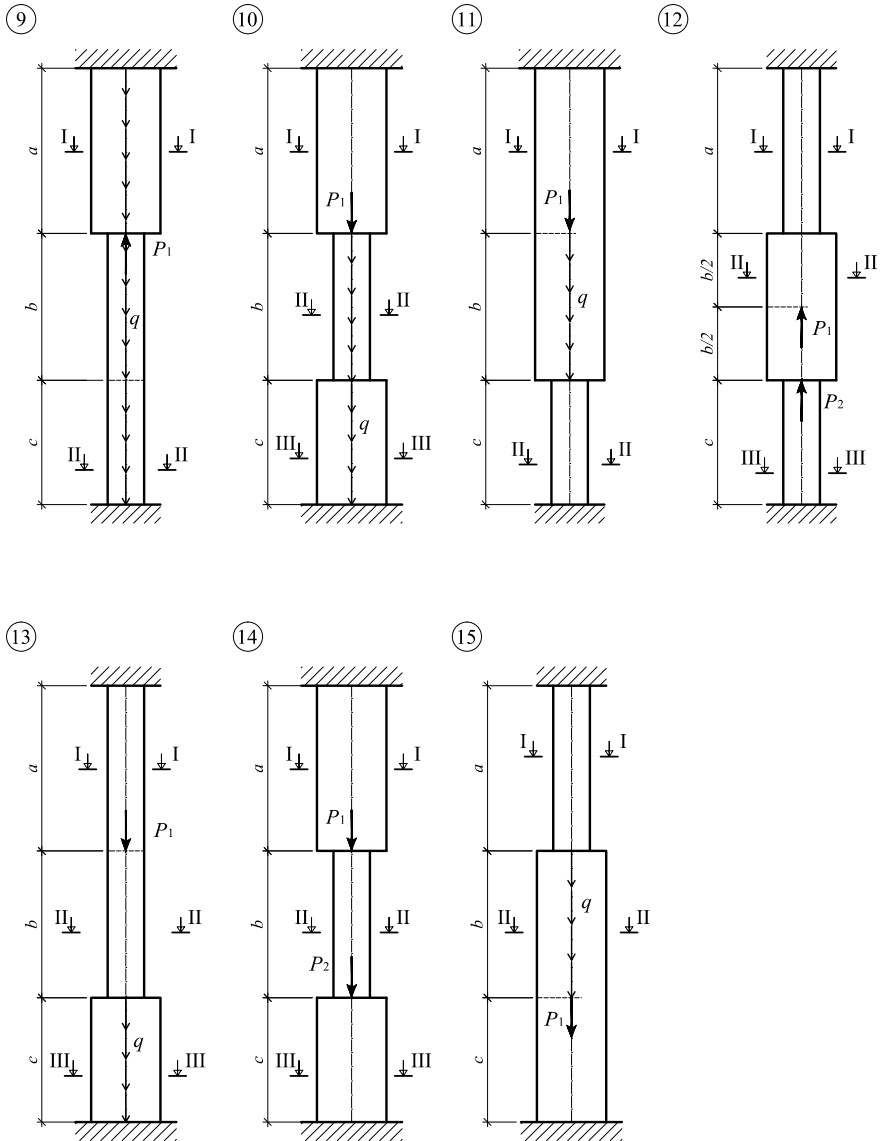
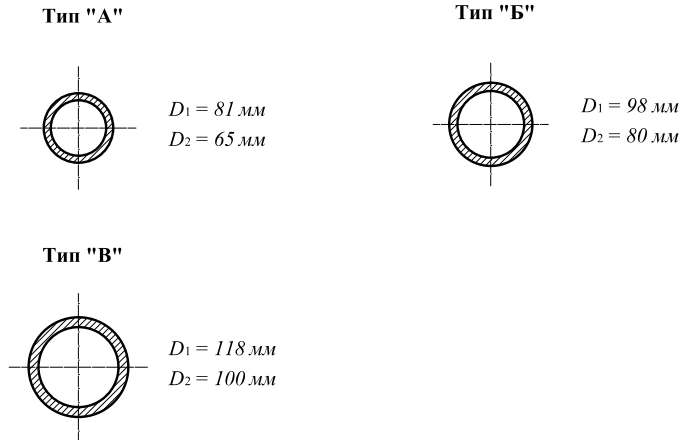


Рис.1.2.2 к расчету 1.2
Сечения участков стержней



Задание к расчёту 1.3.

Для сжатого стержня, расчётная схема которого приведена на рис. 1.3.1. (схема выбирается в зависимости от варианта задания), требуется:

1. Подобрать сечение стержня из условия устойчивости в 2-х главных плоскостях Oxy и Oxz . Сечение скомпоновать в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1.3.2. (схема выбирается в зависимости от варианта задания).

2. Определить величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости.

Исходные данные для расчёта:

-) нормативное значение сжимающей силы P и длину стержня принять по таблице 1.3. в зависимости от варианта задания;
-) коэффициенты метода предельных состояний: коэффициент условий работы $\gamma_c = 1,0$, коэффициент надёжности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$;
-) прочностные и деформативные характеристики материала стержня:

Материал стержня – малоуглеродистая сталь с расчётным сопротивлением стали по пределу текучести $R=200\text{МПа}$, пределом текучести $\sigma_T=230\text{МПа}$, пределом пропорциональности $\sigma_{пц}=200\text{МПа}$.

Модуль упругости стали $E=2,1 \times 10^5 \text{ МПа} = 2,1 \times 10^4 \text{ кН/см}^2$.

Таблица 1.3. Исходные данные для расчёта 1.3.

п/п	м	кН	п/п	м	кН
1	5,4	700	9	5,4	520
2	5,2	640	10	6,0	460
3	4,8	600	11	6,6	430
4	5,4	560	12	5,4	680
5	6,0	500	13	6,2	600
6	6,6	460	14	4,8	550
7	5,6	680	15	5,4	480
8	4,2	620			

Рис. 1.3.1 к расчету 1.3 (Расчетные схемы стержней)

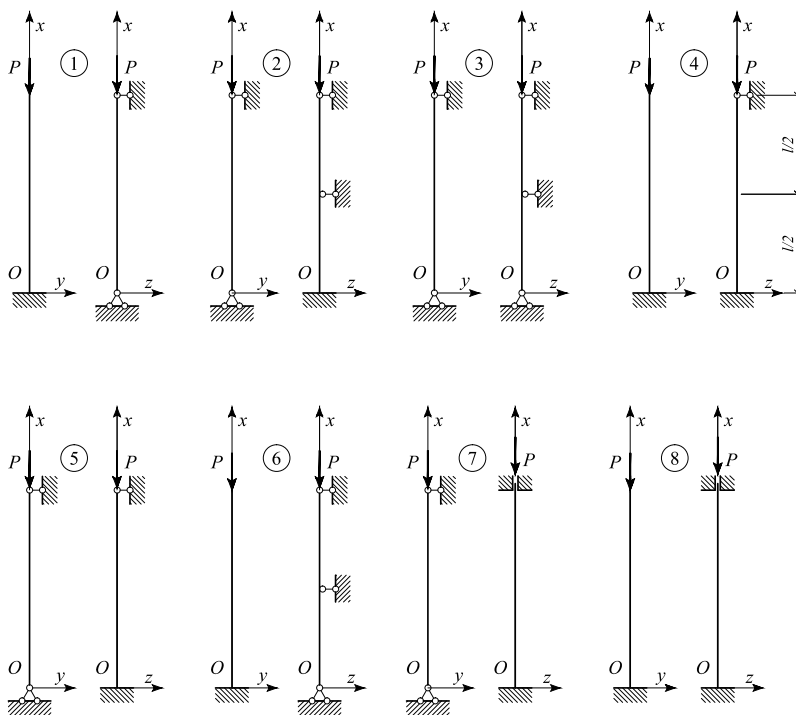
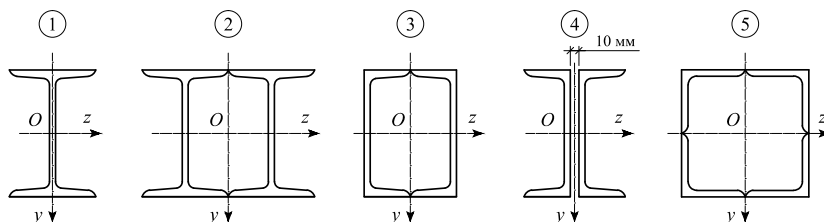


Рис. 1.3.21 к расчету 1.3 (Сечения стержней)



Контрольные вопросы для допуска к защите 1-й части расчётно-графической работы.

1. Какой вид деформирования называется центральным (осевым) растяжением (сжатием) стержня? Приведите рисунки.
2. Какое внутреннее усилие возникает при центральном (осевом) растяжении (сжатии) стержня?
3. На участке стержня длиной l действует распределённая по длине нагрузка с интенсивностью q . Чему будет равна результирующая этой нагрузки?
4. Какое напряжение возникает при центральном (осевом) растяжении (сжатии) стержня? Как оно направлено? Какую размерность имеет? Запишите формулу для определения напряжений в поперечном сечении стержня при центральном (осевом) растяжении (сжатии).
5. Укажите связь между $[МПа]$ и $[КН/см^2]$; между $[МПа]$ и $[кгс/см^2]$.
6. В соответствии с каким методом осуществляется расчёт строительных конструкций? Что такое предельное состояние строительной конструкции? Запишите группы предельных состояний. Укажите обозначения и смысл коэффициентов, используемых в методе предельных состояний.
7. Запишите условие прочности при осевом сжатии (растяжении).

8. Дайте определение модулю упругости и коэффициенту Пуассона.
9. Что называется жёсткостью стержня при центральном (осевом) сжатии (растяжении) стержня?
10. Запишите формулы для определения абсолютного удлинения (укорочения) стержня от действия сосредоточенной силы, равномерно распределённой нагрузки.
11. Гибкость стержня. Понятие о стержнях малой, средней и большой гибкости. Особенности расчёта сжатых стержней по 1-й группе предельных состояний.
12. Что понимают под потерей устойчивости стержня? Запишите условие устойчивости сжатого стержня.
13. Что понимают под критической силой? Как вычисляется коэффициент запаса устойчивости?
14. Как осуществляется выбор формулы для критической силы в зависимости от гибкости стержня?
15. Приведите график зависимости критического напряжения от гибкости стержня.

**Пример выдачи задания к 1-й части
расчётно-графической работы**
(информация для педагогов)

№ вар	Фамилия И. студента	Данные для расчёта 1.1а или 1.1б			Данные для рас- чёта 1.2.	Данные для расчёта 1.3.		
		Какой расчёт надо выполнить	№ схемы на рис. 1.1.	№ строки в табл. 1.1.	№ строки в табл. 1.2.	№ схемы на рис. 1.3.1.	№ схемы на рис. 1.3.2.	№ строки в табл. 1.3.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Иванов Иван	1.1а	1	1	1	1	1	1
60	Примечание: диапазон возможных значений	1.1а или 1.1б	1-15	1-15	1-60	1-8	1-5	1-15

Примечание: многообразие вариантов достигается возможностью варьировать задания по строкам 4 и 5, а также 7,8,9 таблицы. Ограничение по количеству вариантов (60) возникает только в отношении расчёта 1.2, по расчётам 1.1, 1.3 может быть составлено более 100 вариантов.

ЧАСТЬ II.

ПЛОСКИЙ ПРЯМОЙ ИЗГИБ СТЕРЖНЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ, НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ. РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЁСТКОСТЬ.

Задание к расчётам 2.1а-2.1ж.

Построить эпюры внутренних усилий N, Q, M , возникающих в балках, ломанных стержнях и раме, расчётная схема которых изображена на рисунках 2.1а-2.1ж. При построении эпюр обратите внимание на их характерные особенности.

Необходимые числовые значения размеров и нагрузок приведены в таблице 2.1.1. Номера расчётных схем принимаются в зависимости от номера строки в таблице 2.1.2., указанной в варианте задания.

Таблица 2.1.1. Исходные данные для расчёта 2.1.

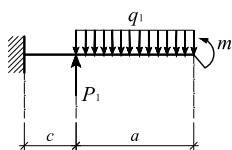
№ п.п.	а, м	б, м	с, м	P_1 , кН	P_2 , кН	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	m , кН•м
1	2,4	1,8	1,0	18	20	30	16	20
2	2,6	1,6	1,2	20	35	18	25	22
3	2,8	2,0	1,5	26	18	22	18	24
4	3,0	2,5	1,2	18	30	24	20	25
5	3,2	3,0	1,0	22	25	30	16	26
6	2,5	2,0	1,4	40	16	28	24	28
7	3,2	2,8	1,5	35	22	20	25	30
8	2,6	1,8	1,2	38	24	25	16	32
9	2,5	2,0	1,4	25	32	26	20	34
10	2,2	1,6	1,0	32	14	30	18	35
11	2,4	2,0	1,4	24	34	18	24	36
12	3,2	2,5	1,2	26	35	16	25	38
13	2,8	2,4	1,4	40	26	22	16	40
14	3,0	1,6	1,5	22	28	30	20	42
15	3,2	3,0	1,0	18	25	25	18	44

Таблица 2.1.2. К выбору расчётной схемы в зависимости от варианта

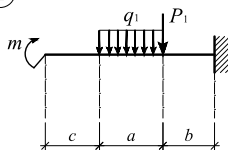
№ п.п.	№№ схем к расчёту						
	2.1а	2.1б	2.1в	2.1г	2.1д	2.1е	2.1ж
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	15	1	2	10	4	3	8
17	14	2	1	15	5	4	3
18	13	3	4	1	2	9	6
19	12	4	3	14	8	7	1
20	11	5	6	2	10	4	15
21	10	6	5	13	15	12	11
22	9	7	8	3	14	15	10
23	8	9	7	12	13	1	2
24	7	8	10	4	9	5	12
25	6	10	9	11	7	13	14
26	5	11	12	9	1	14	7
27	4	12	11	5	3	6	9
28	3	13	14	8	11	10	5
29	2	14	15	7	6	8	13
30	1	15	13	6	12	11	4

Схема к расчету 2.1а

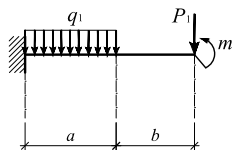
①



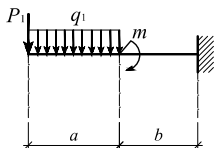
②



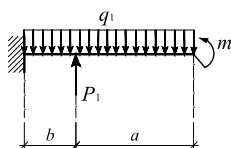
③



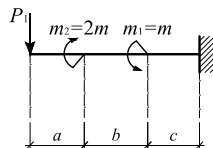
④



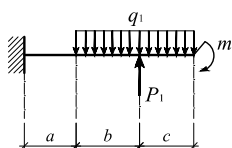
⑤



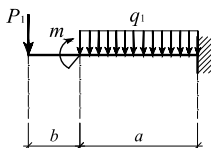
⑥



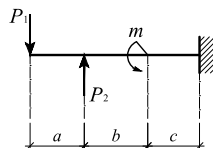
⑦



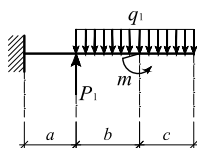
⑧



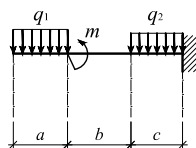
⑨



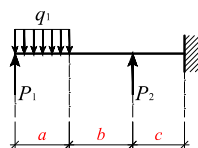
⑩



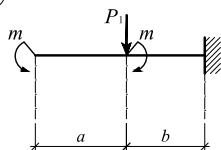
⑪



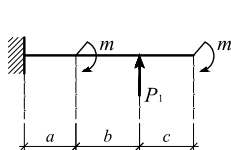
⑫



⑬



⑭



⑮

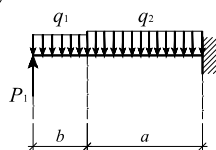


Схема к расчету 2.16

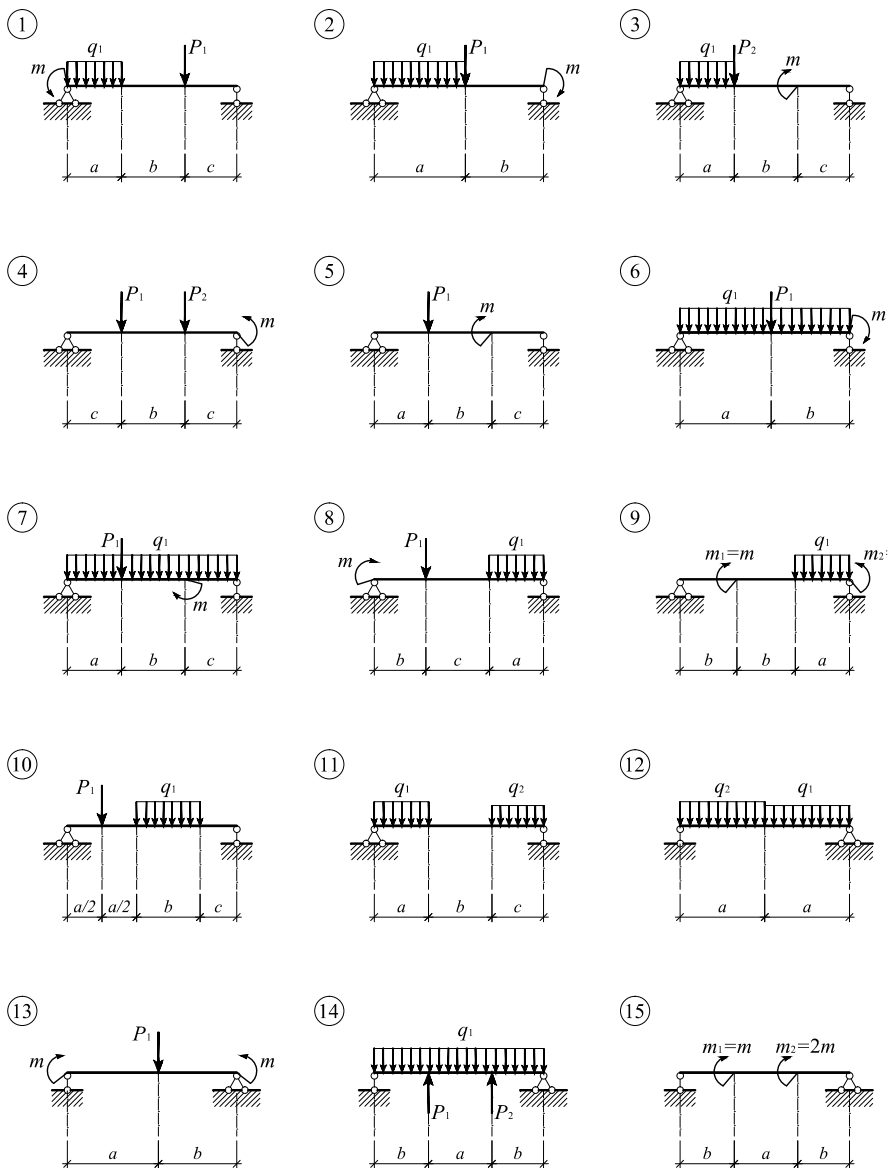
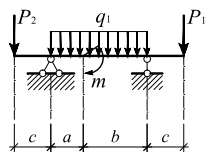
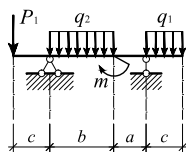


Схема к расчету 2.16

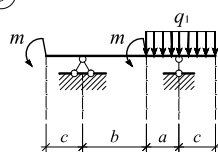
①



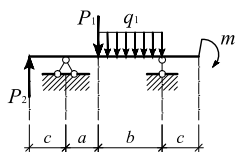
②



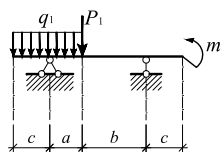
③



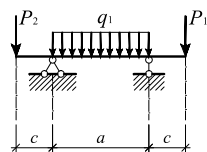
④



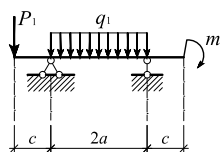
⑤



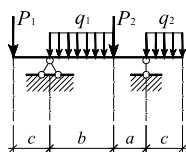
⑥



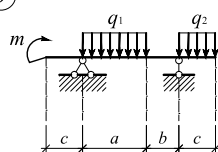
⑦



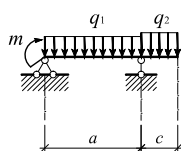
⑧



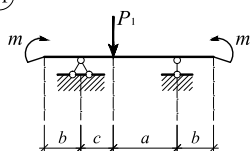
⑨



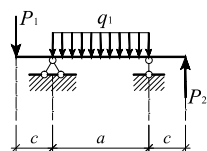
⑩



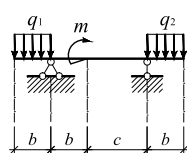
⑪



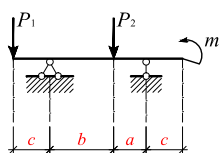
⑫



⑬



⑭



⑮

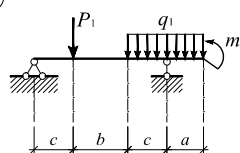


Схема к расчету 2.1г

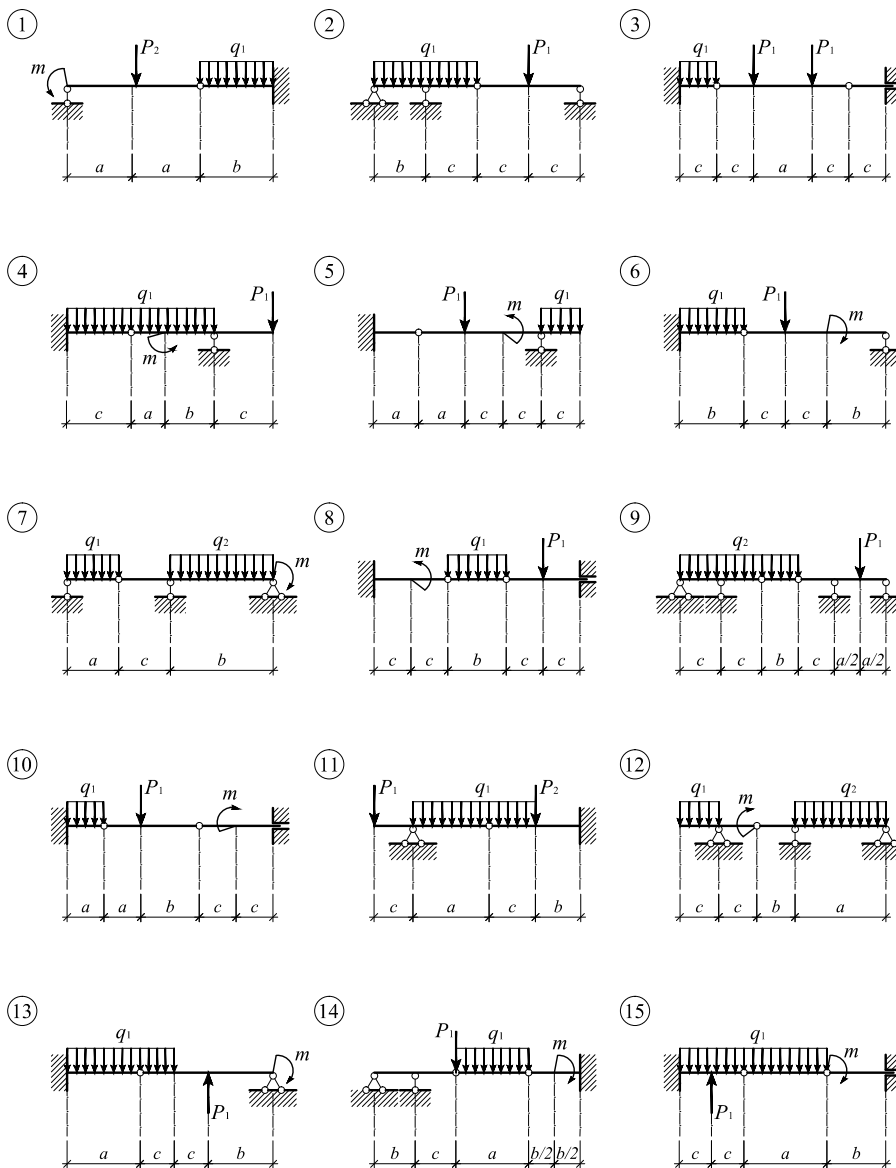


Схема к расчету 2.10

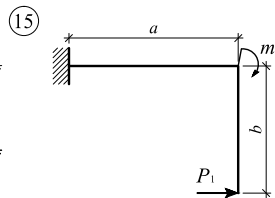
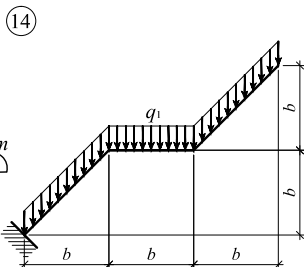
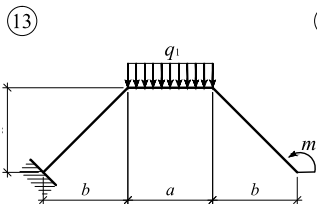
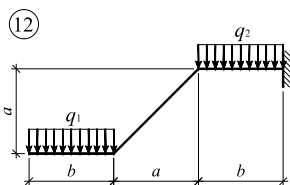
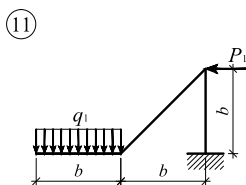
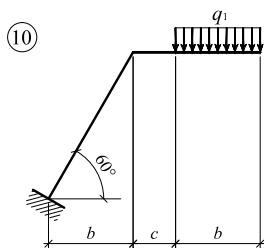
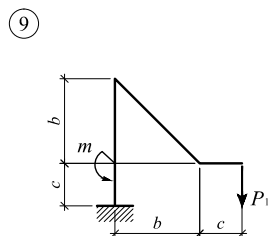
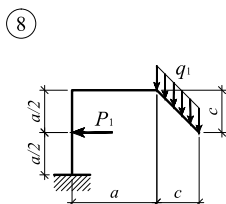
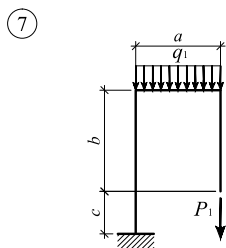
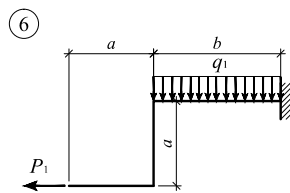
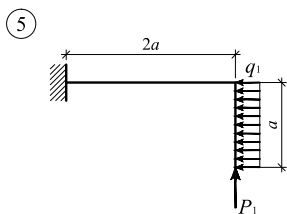
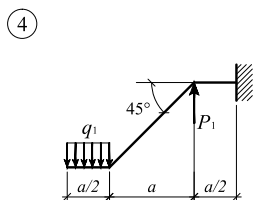
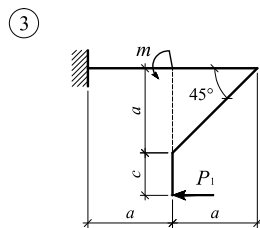
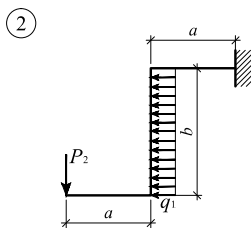
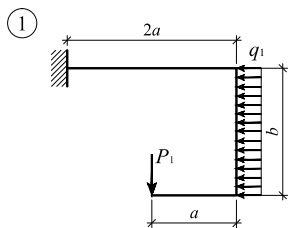


Схема к расчету 2.1е

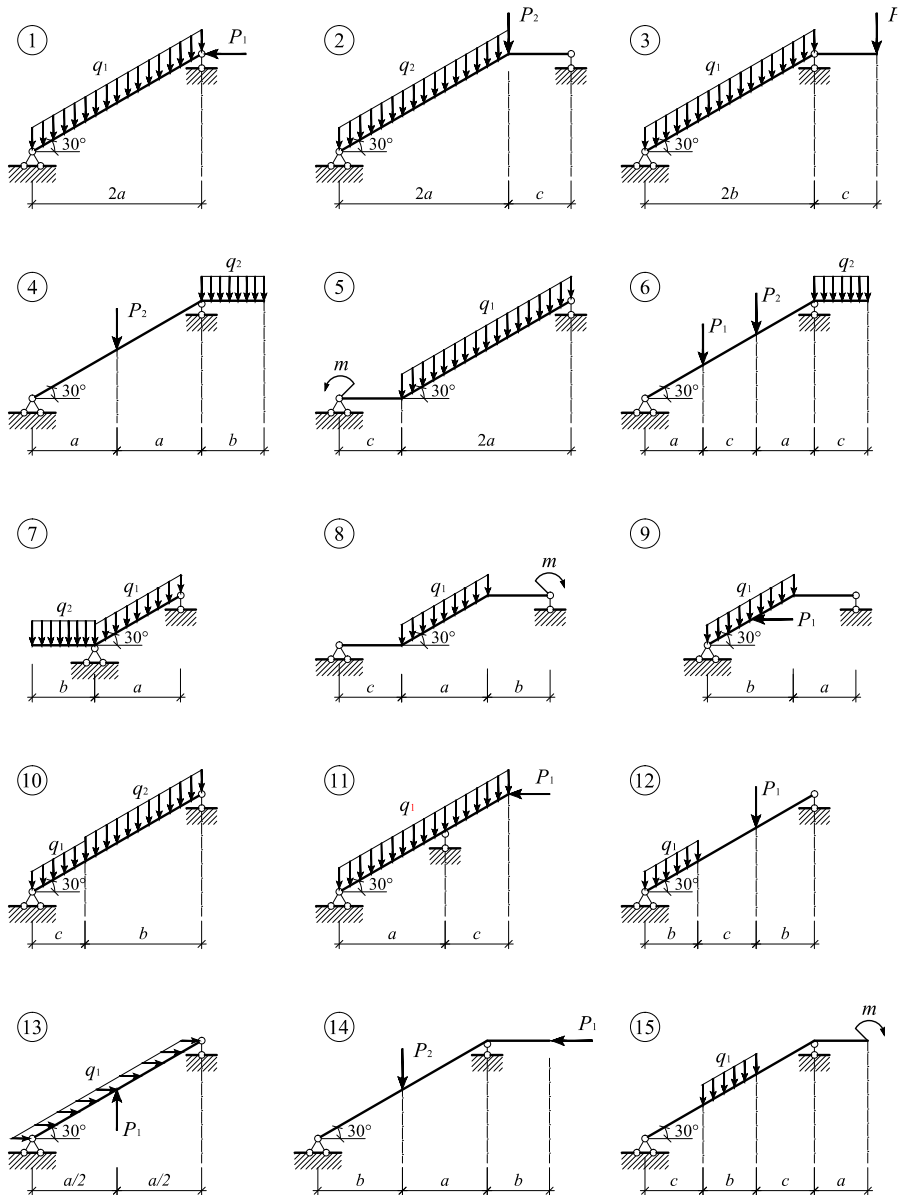
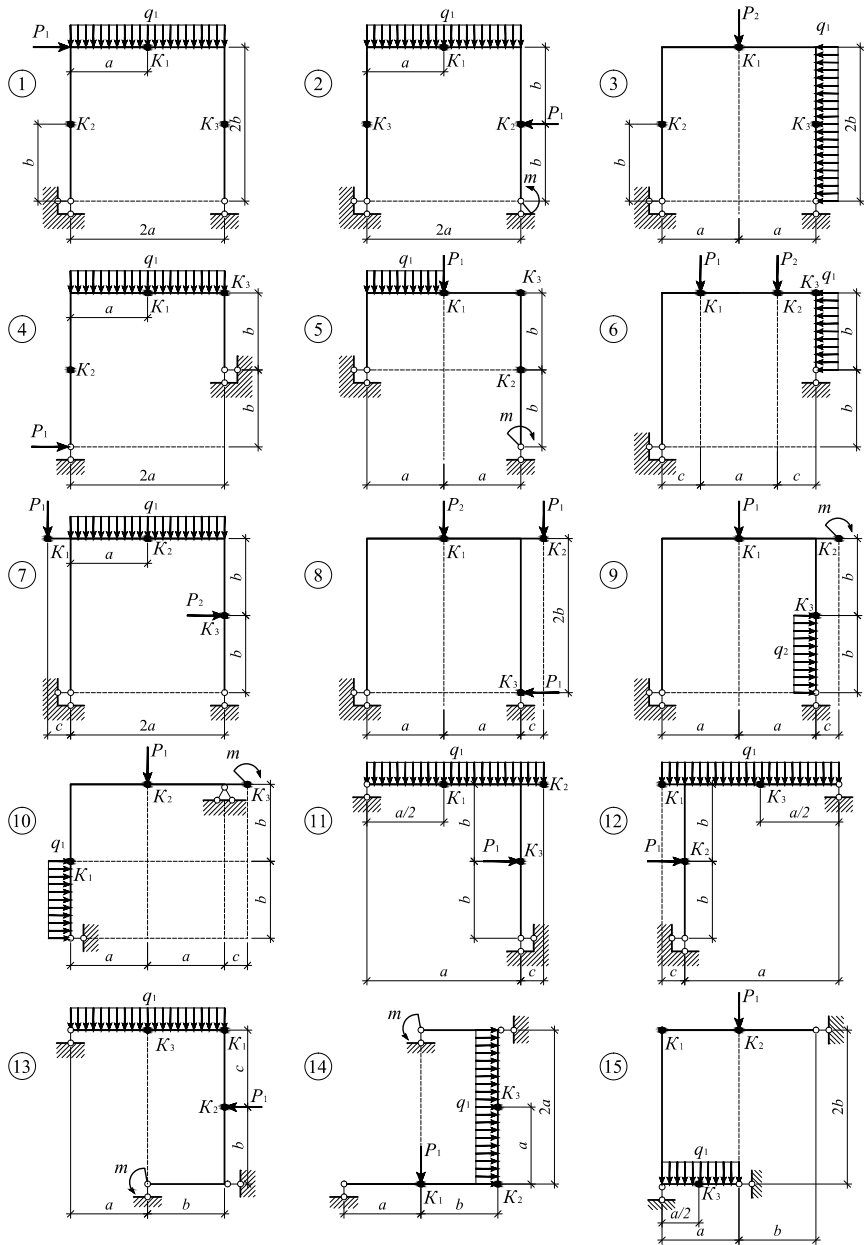


Схема к расчету 2.1ж



Примечание: точки K - для расчета 2.3.б

Расчёт 2.2.

В таблице 2.2. приведена расчётная схема деревянной балки прямоугольного сечения. В сечении I-I балка имеет местное ослабление. На основании расчёта требуется:

1. Подобрать сечение балки из условия прочности по нормальным напряжениям;
2. Проверить выбранное сечение на выполнение условия прочности по касательным напряжениям;
3. Построить эпюры нормальных и касательных напряжений в опасных сечениях;
4. Определить нормальные, касательные и главные напряжения в ослабленном сечении. Построить эпюры. Проверить прочность ослабленного сечения по нормальным и касательным напряжениям;
5. Определить положение главных площадок в характерных точках балки в ослабленном сечении и показать положение этих площадок на виде балки сбоку. Показать напряжения, действующие на главных и координатных площадках, в характерных точках балки в ослабленном сечении.

Расчётную схему балки и вид ослабленного сечения принять в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Исходные данные для расчёта:

-) нормативное значение нагрузок и геометрические размеры балки принять по таблице 2.2. в зависимости от варианта задания;
-) коэффициенты метода предельных состояний: коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,85$, коэффициент надёжности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$;
-) прочностные характеристики материала балки:

Балку предполагается выполнить из сосны. Сорт древесины - 2. Расчётное сопротивление сжатию (растяжению) волокон при изгибе $R = 13 \text{ МПа}$. Расчётное сопротивление скалыванию $R_s = 1,6 \text{ МПа}$.

Таблица 2.2.

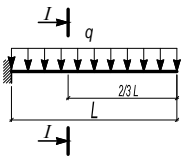
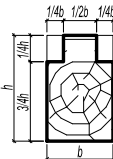
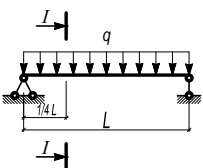
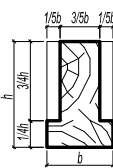
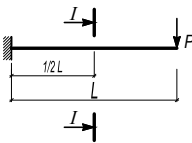
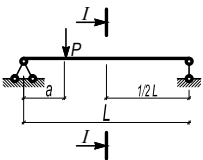
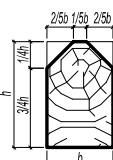
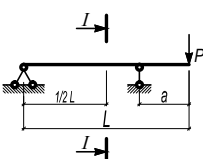
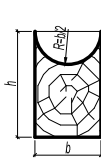
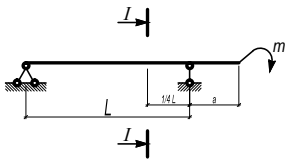
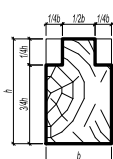
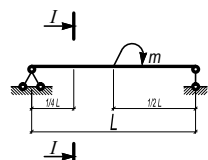
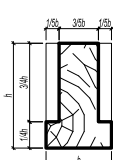
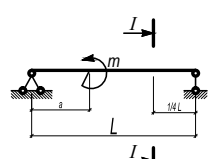
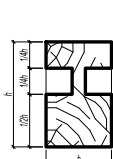
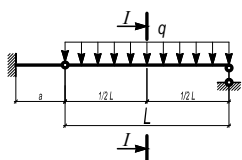
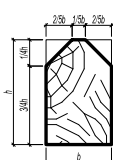
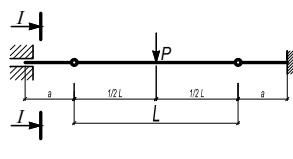
№пп	Расчётные схемы	Тип ослабленного сечения (I-I)	P кН	q кН/м	m кНм	L м	a м	b м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1.			-	7	-	2,5	-	-
1.2.			-	5	-	3	-	-
1.3.			-	4	-	2,8	-	-
1.4.			-	10	-	1,5	-	-
2.1.			-	5	-	4	-	-
2.2.			-	10	-	4	-	-
2.3.			-	5	-	6	-	-
2.4.			-	7	-	5	-	-
3.1.			5,0	-	-	4,5	-	-
3.2.			10	-	-	2,2	-	-
3.3.			4,0	-	-	2,0	-	-
3.4.			2,0	-	-	2,5	-	-
4.1.			10	-	-	4	1	-
4.2.			15	-	-	5	1,5	-
4.3.			12	-	-	6	1,5	-
4.4.			20	-	-	4,5	2	-
5.1.			5	-	-	4	2	-
5.2.			10	-	-	3	2,2	-
5.3.			8	-	-	5	1,5	-
5.4.			15	-	-	4,5	1,2	-

Таблица 2.2. (Продолжение)

№пп	Расчётные схемы	Тип ослабленного сечения (I-I)	P кН	q кН/м	m кНм	L м	a м	b м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.1.			-	4	-	4	2	-
6.2.			-	10	-	3	1,5	-
6.3.			-	5	-	5	2,5	-
6.4.			-	12	-	4,5	1,9	-
7.1.			-	5,5	-	4	2	-
7.2.			-	10	-	2,5	1,2	-
7.3.			-	8	-	4,5	2,2	-
7.4.			-	12	-	4	1,8	-
8.1.			-	7	-	4	2,6	-
8.2.			-	12	-	3	1,8	-
8.3.			-	8	-	2,5	2	-
8.4.			-	10	-	3,5	2,1	-
9.1.			-	20	-	4	1,5	-
9.2.			-	15	-	6	1,7	-
9.3.			-	5	-	5	2,2	-
9.4.			-	10	-	4,5	1,2	-
10.1.			-	-	7	4	-	-
10.2.			-	-	5	6	-	-
10.3.			-	-	20	5	-	-
10.4.			-	-	23	5,5	-	-

Таблица 2.2. (Окончание)

№пп	Расчётные схемы	Тип ослабленного сечения (I-I)	P кН	q кН/м	m кНм	L м	a м	b м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11.1.			-	-	4	6	1,2	-
11.2.			-	-	12	4	1,5	-
11.3.			-	-	23	5	1	-
11.4.			-	-	18	5	1,7	-
12.1.			-	-	16	6	-	-
12.2.			-	-	40	5	-	-
12.3.			-	-	22	4	-	-
12.4.			-	-	14	4,8	-	-
13.1.			-	-	12	4	-	-
13.2.			-	-	36	4,5	-	-
13.3.			-	-	20	5	-	-
13.4.			-	-	10	6	-	-
14.1.			-	10	-	3	1,5	-
14.2.			-	5	-	4	2	-
14.3.			-	8	-	5	1,2	-
14.4.			-	5	-	6	1,4	-
15.1.			10	-	-	4	2,5	-
15.2.			18	-	-	6	2	-
15.3.			25	-	-	3,8	1,5	-
15.4.			5	-	-	6	2,5	-

Расчёт 2.3.1.

Для балки, внутренние усилия в которой были определены в расчёте 2.1б (или 2.1.в, или 2.1.г) (расчёт выбирается в зависимости от индивидуального варианта), требуется:

1. Подобрать сечение из двутавра из условия прочности по нормальным напряжениям. Построить эпюру нормальных напряжений;

2. В сечении, где изгибающий момент и поперечная сила принимают одновременно достаточно большие значения, проверить прочность сечения по главным напряжениям на уровне сопряжения полки со стенкой. Построить в этом сечении эпюры нормальных и касательных напряжений;

3. Методом начальных параметров определить значения прогибов и углов поворота в характерных сечениях балки. Определить положение сечений, в которых прогибы и углы поворота принимают экстремальное значение, а также определить величину перемещений в этих сечениях;

4. Выполнить проверку вычислений перемещений. Для этого методом Мора определить значение начальных кинематических параметров V_0 и φ_0 , скачков углов поворота $\Delta\varphi$ в промежуточном шарнире, а также 3-х перемещений в сечениях по Вашему выбору;

5. Построить эпюры прогибов $V(x)$ и углов поворота $\varphi(x)$, обращая внимание на их характерные особенности (точки экстремумов, изломы, зависимость кривизны эпюр перемещений от знака усилий);

6. Выполнить расчёт балки по II группе предельных состояний (расчёт на жёсткость). В случае, если условие жёсткости не выполняется, подобрать новое сечение, обеспечив выполнение данного условия.

Исходные данные для расчёта:

-) расчётную схему балки принять такой же, что и в расчёте, номер которого указан в таблице 2.3;

-) коэффициенты метода предельных состояний: коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$, коэффициент надёжности по нагрузке $\gamma_f = 1,1$;
-) характеристики материала балки:
Расчётное сопротивление стали по пределу текучести $R = 210 \text{ МПа}$. Модуль упругости стали $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.
-) предельные перемещения:
 $V_u = l/200$, где l – величина пролёта или вылет консоли;
 $\varphi_u = 0,01 \text{ рад}$.

Таблица 2.3.1. К выбору схемы из расчёта 2.1. для расчёта 2.3.а

№ п.п.	Расчёт	№ п.п.	Расчёт
1	2.1б	16	2.1б
2	2.1в	17	2.1в
3	2.1г	18	2.1г
4	2.1б	19	2.1б
5	2.1в	20	2.1в
6	2.1г	21	2.1г
7	2.1б	22	2.1б
8	2.1в	23	2.1в
9	2.1г	24	2.1г
10	2.1б	25	2.1б
11	2.1в	26	2.1в
12	2.1г	27	2.1г
13	2.1б	28	2.1б
14	2.1в	29	2.1в
15	2.1г	30	2.1г

Расчёт 2.3.2

Для рамы, внутренние усилия в которой были определены на основании расчёта 2.1ж, требуется методом Мора найти ненулевые EI_v , EI_u , EI_ϕ точки K_1 (или K_2 , или K_3 в зависимости от индивидуального варианта). Жёсткости ригеля и стойки считать одинаковыми. Положение точки K показано на рис. к расчёту 2.1ж

Таблица 2.3б. К выбору точки K для расчёта 2.3.2

№ п.п.	Точка	№ п.п.	Точка
1	K1	16	K1
2	K2	17	K2
3	K3	18	K3
4	K1	19	K1
5	K2	20	K2
6	K3	21	K3
7	K1	22	K1
8	K2	23	K2
9	K3	24	K3
10	K1	25	K1
11	K2	26	K2
12	K3	27	K3
13	K1	28	K1
14	K2	29	K2
15	K3	30	K3

Контрольные вопросы для допуска к защите 2-й части расчётно-графической работы

1. Какой вид деформирования стержня называется плоским прямым изгибом?
2. Какие внутренние усилия возникают при плоском прямом изгибе? Укажите размерности.
3. Назовите основные типы опор и возникающие в них реакции.
4. Укажите дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Приведите примеры, как используются данные зависимости при построении эпюр внутренних усилий.
5. Какие напряжения возникают в поперечном сечении стержня при поперечном изгибе? Выделите в поперечном сечении стержня координатную элементарную площадку и покажите на ней направление действующих напряжений.
6. Укажите на виде балки сбоку направления действующих в ней напряжений.
7. Запишите формулу для определения нормальных напряжений в любой точке поперечного сечения. По какому закону нормальные напряжения изменяются по высоте поперечного сечения стержня? Приведите примеры эпюр нормальных напряжений для сечений различной формы.
8. По какой формуле определяются максимальные нормальные напряжения в поперечном сечении стержня? 9. По какой формуле определяются касательные напряжения в поперечном сечении стержня? По какому закону изменяются касательные напряжения в сечении стержня? Приведите примеры эпюр касательных напряжений для сечений различной формы.
10. Примените закон парности касательных напряжений для поперечного изгиба и на рисунке балки покажите направления совпадающих по модулю касательных напряжений.

11. Что такое главные площадки напряжений и главные напряжения?
12. Запишите формулу для определения главных напряжений. В каких точках поперечного сечения главные напряжения численно совпадают с σ_x , в каких с τ_{yx} ?
13. Запишите формулу для определения положения главных площадок.
14. Запишите условие прочности при изгибе по нормальным и касательным напряжениям.
15. Какие перемещения возникают в балках при изгибе?
16. Что считается прогибом балки? Что принимается за угол поворота поперечного сечения балки при изгибе?
17. Запишите дифференциальное уравнение изогнутой оси балки с расшифровкой всех входящих величин.
18. Укажите дифференциальную связь между прогибами и углами поворота. Запишите, в каких сечениях прогиб принимает экстремальное значение.
19. Какими способами могут быть «перемножены» грузовая эпюра моментов и единичная эпюра моментов при определении перемещений методом Мора?
20. Укажите связь между кривизной эпюры $V(x)$ и $\Phi(x)$ и знаком $M(x)$ и $Q(x)$.

**Пример выдачи задания ко 2-й части
расчётно-графической работы**
(информация для педагогов)

		Данные для расчёта 2.1		Данные для расчёта 2.2.	Данные для расчёта 2.3а	Данные для расчёта 2.3б
№ вар	Фамилия И. студента	№ строки в табл. 2.1.	№ строки в табл. 2.2.1.	№ строки в табл. 2.2.	№ п.п. в табл. 2.3.1.	№ п.п. в табл. 2.3.2.
1	2	4	5	6	7	8
1	Иванов Иван	1	1	1-1	1	1
	Примечание: диапазон возможных значений	1-15	1-30	1-1...1-4 15-1...15-4	1-30	1-30

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Извлечение из межгосударственного стандарта ГОСТ 2590-2006 (EN 10060:2003) «Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент»

Диаметр d, мм	Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины проката, кг	Диаметр d, мм	Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины проката, кг	Диаметр d, мм	Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м длины проката, кг
5,0	0,196	0,154	37,0	10,752	8,440	92,0	66,476	52,184
5,5	0,238	0,187	38,0	11,341	8,903	95,0	70,882	55,643
6,0	0,283	0,222	39,0	11,946	9,378	97,0	73,898	58,010
6,3	0,312	0,245	40,0	12,566	9,865	100,0	78,540	61,654
6,5	0,332	0,261	41,0	13,203	10,364	105,0	86,590	67,973
7,0	0,385	0,302	42,0	13,854	10,876	110,0	95,033	74,601
8,0	0,503	0,395	43,0	14,522	11,400	115,0	103,869	81,537
9,0	0,636	0,499	44,0	15,205	11,936	120,0	113,097	88,781
10,0	0,785	0,617	45,0	15,904	12,485	125,0	122,719	96,334
11,0	0,950	0,746	46,0	16,619	13,046	130,0	132,732	104,195
12,0	1,131	0,888	47,0	17,349	13,619	135,0	143,139	112,364
13,0	1,327	1,042	48,0	18,096	14,205	140,0	153,938	120,841
14,0	1,539	1,208	50,0	19,635	15,413	145,0	165,130	129,627
15,0	1,767	1,387	52,0	21,237	16,671	150,0	176,715	138,721
16,0	2,011	1,578	53,0	22,062	17,319	155,0	188,692	148,123
17,0	2,270	1,782	54,0	22,902	17,978	160,0	201,062	157,834
18,0	2,545	1,998	55,0	23,758	18,650	165,0	213,825	167,852
19,0	2,835	2,226	56,0	24,630	19,335	170,0	226,980	178,179
20,0	3,142	2,466	58,0	26,421	20,740	175,0	240,528	188,815
21,0	3,464	2,719	60,0	28,274	22,195	180,0	254,469	199,758
22,0	3,801	2,984	62,0	30,191	23,700	185,0	268,803	211,010
23,0	4,155	3,262	63,0	31,173	24,470	190,0	283,529	222,570
24,0	4,524	3,551	65,0	33,183	26,049	195,0	298,648	234,438
25,0	4,909	3,853	67,0	35,257	27,676	200,0	314,159	246,615
26,0	5,309	4,168	68,0	36,317	28,509	210,0	346,361	271,893
27,0	5,726	4,495	70,0	38,485	30,210	220,0	380,133	298,404
28,0	6,158	4,834	72,0	40,715	31,961	230,0	415,476	326,148
29,0	6,605	5,185	73,0	41,854	32,855	240,0	452,389	355,126
30,0	7,069	5,549	75,0	44,179	34,680	250,0	490,874	385,336
31,0	7,548	5,925	78,0	47,784	37,510	260,0	530,929	416,779
32,0	8,043	6,313	80,0	50,266	39,458	270,0	572,555	449,456
33,0	8,553	6,714	82,0	52,810	41,456			
34,0	9,079	7,127	85,0	56,745	44,545			
35,0	9,621	7,553	87,0	59,447	46,666			
36,0	10,179	7,990	90,0	63,617	49,940			

Приложение 2. Извлечение из межгосударственного стандарта ГОСТ 8509-93 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент»

Условные обозначения:

- b** - ширина полки;
- t** - толщина полки;
- R** - радиус внутреннего закругления;
- r** - радиус закругления полок;
- F** - площадь поперечного сечения;
- I** - момент инерции;
- X_0 - расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;
- I_{xy} - центробежный момент инерции;
- i** - радиус инерции.

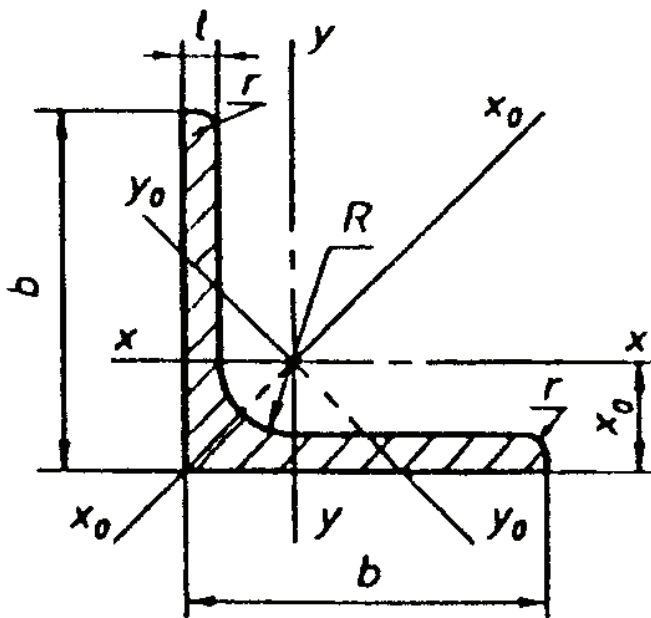


Рисунок 1

Номер уголка	b	мм			F, см ²	Справочные значения величин для осей										Масса l м, кг
		t	R	r		x-x			x 0-x 0		y 0-y 0			I xy, см4	x 0, см	
						I x, см4	W x, см3	i x; см	I x0 max, см4	i x0 max, см4	i y0 min, см4	W y0, см3	i y0 min, см4			
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,28	0,59	0,63	0,75	0,17	0,20	0,39	0,23	0,60	0,89
2,5	25	4	3,5	1,2	1,46	0,50	0,37	0,58	0,78	0,73	0,22	0,24	0,38	0,28	0,64	1,15
		3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,47	0,73	1,12
		4	3,5	1,2	1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,59	0,76	1,46
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,58	0,85	1,84	1,07	0,48	0,42	0,55	0,68	0,80	1,27
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,30	1,15	0,60	0,53	0,59	0,85	0,85	1,36
		4	4,0	1,3	2,27	1,84	0,87	0,90	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	1,08	0,89	1,78
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,77	0,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,59	0,63	1,03	0,89	1,46
		4	4,5	1,5	2,43	2,26	1,00	0,96	3,58	1,21	0,94	0,71	0,62	1,32	0,94	1,91
3,5	35	3	4,5	1,5	2,04	2,35	0,93	1,07	3,72	1,35	0,97	0,71	0,69	1,37	0,97	1,60
		4	4,5	1,5	2,67	3,01	1,21	1,06	4,76	1,33	1,25	0,88	0,68	1,75	1,01	2,10
4	40	5	4,5	1,5	3,28	3,61	1,47	1,05	5,71	1,32	1,52	1,02	0,68	2,10	1,05	2,58
		3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,22	1,23	5,63	1,55	1,47	0,95	0,79	2,08	1,09	1,85
		4	5,0	1,7	3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	2,68	1,13	2,42
4,5	45	5	5,0	1,7	3,79	5,53	1,95	1,21	8,75	1,52	2,30	1,39	0,78	3,22	1,17	2,98
		3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,56	1,39	8,13	1,75	2,12	1,24	0,89	3,00	1,21	2,08
		4	5,0	1,7	3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	3,89	1,26	2,73
5	50	5	5,0	1,7	4,29	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	4,71	1,30	3,37
		3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	4,16	1,33	2,32
		4	5,5	1,8	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38	3,05
5,6	56	5	5,5	1,8	4,80	11,20	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77
		6	5,5	1,8	5,69	13,07	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	7,65	1,46	4,47
		4	6,0	2,0	4,38	13,10	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	7,69	1,52	3,44
6,3	63	5	6,0	2,0	5,41	15,97	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,10	9,41	1,57	4,25
		4	7,0	2,3	4,96	18,86	4,09	1,95	29,90	2,45	7,81	3,26	1,25	11,00	1,69	3,90
		5	7,0	2,3	6,13	23,10	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	13,70	1,74	4,81
		6	7,0	2,3	7,28	27,06	5,98	1,93	42,91	2,43	11,18	4,44	1,24	15,90	1,78	5,72

Номер уголка	b	мм			F, см ²	Справочные значения величин для осей										Масса l м, кг
		t	R	r		x-x			x_0-x_0		y_0-y_0			I _{xy} , см ⁴	x_0, см	
						I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _{x0} max, см ⁴	i _{x0} max, см ⁴	i _{y0} min, см ⁴	W _{y0} , см ³	i _{y0} min, см ⁴			
7	70	4,5	8,0	2,7	6,20	29,04	5,67	2,16	46,03	2,72	12,04	4,53	1,39	17,00	1,88	4,87
		5	8,0	2,7	6,86	31,94	6,27	2,16	50,67	2,72	13,22	4,92	1,39	18,70	1,90	5,38
		6	8,0	2,7	8,15	37,58	7,43	2,15	59,64	2,71	15,52	5,66	1,38	22,10	1,94	6,39
		7	8,0	2,7	9,42	42,98	8,57	2,14	68,19	2,69	17,77	6,31	1,37	25,20	1,99	7,39
		8	8,0	2,7	10,67	48,16	9,68	2,12	76,35	2,68	19,97	6,99	1,37	28,20	2,02	8,37
7,5	75	5	9,0	3,0	7,39	39,53	7,21	2,31	62,65	2,91	16,41	5,74	1,49	23,10	2,02	5,80
		6	9,0	3,0	8,78	46,57	8,57	2,30	73,87	2,90	19,28	6,62	1,48	27,30	2,06	6,89
		7	9,0	3,0	10,15	53,34	9,89	2,29	84,61	2,89	22,07	7,43	1,47	31,20	2,10	7,96
		8	9,0	3,0	11,50	59,84	11,18	2,28	94,89	2,87	24,80	8,16	1,47	35,00	2,15	9,02
		9	9,0	3,0	12,83	66,10	12,43	2,27	104,72	2,86	27,48	8,91	1,46	38,60	2,18	10,07
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	52,68	9,03	2,47	83,56	3,11	21,80	7,10	1,59	30,90	2,17	6,78
		6	9,0	3,0	9,38	56,97	9,80	2,47	90,40	3,11	23,54	7,60	1,58	33,40	2,19	7,36
		7	9,0	3,0	10,85	65,31	11,32	2,45	103,60	3,09	26,97	8,55	1,58	38,30	2,23	8,51
		8	9,0	3,0	12,30	73,36	12,80	2,44	116,39	3,08	30,32	9,44	1,57	43,00	2,27	9,65
		6	10,0	3,3	10,61	82,10	12,49	2,78	130,00	3,50	33,97	9,88	1,79	48,10	2,43	8,33
9	90	7	10,0	3,3	12,28	94,30	14,45	2,77	149,67	3,49	38,94	11,15	1,78	55,40	2,47	9,64
		8	10,0	3,3	13,93	106,11	16,36	2,76	168,42	3,48	43,80	12,34	1,77	62,30	2,51	10,93
		9	10,0	3,3	15,60	118,00	18,29	2,75	186,00	3,46	48,60	13,48	1,77	68,00	2,55	12,20
		6,5	12,0	4,0	12,82	122,10	16,69	3,09	193,46	3,89	50,73	13,38	1,99	71,40	2,68	10,06
		7	12,0	4,0	13,75	130,59	17,90	3,08	207,01	3,88	54,16	14,13	1,98	76,40	2,71	10,79
10	100	8	12,0	4,0	15,60	147,19	20,30	3,07	233,46	3,87	60,92	15,66	1,98	86,30	2,75	12,25
		10	12,0	4,0	19,24	178,95	24,97	3,05	283,83	3,84	74,08	18,51	1,96	110,00	2,83	15,10
		12	12,0	4,0	22,80	208,90	29,47	3,03	330,95	3,81	86,84	21,10	1,95	122,00	2,91	17,90
		14	12,0	4,0	26,28	237,15	33,83	3,00	374,98	3,78	99,32	23,49	1,94	138,00	2,99	20,63
		16	12,0	4,0	29,68	263,82	38,04	2,98	416,04	3,74	111,61	25,79	1,94	152,00	3,06	23,30
11	110	7	12,0	4,0	15,15	175,61	21,83	3,40	278,54	4,29	72,68	17,36	2,19	106,00	2,96	11,89
		8	12,0	4,0	17,20	198,17	24,77	3,39	314,51	4,28	81,83	19,29	2,18	116,00	3,00	13,50

Номер уголка	b	t	R	r	F, см ²	Справочные значения величин для осей										Масса 1 м, кг
						x-x			x_0-x_0		y_0-y_0			I_xy, см4	x_0, см	
						I_x, см4	W_x, см3	i_x; см	I_x0 max, см4	i_x0 max, см4	i_y0 min, см4	W_y0, см3	i_y0 min, см4			
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	32,20	3,87	466,76	4,87	121,98	25,67	2,49	172,00	3,36	15,46
		9	14,0	4,6	22,00	327,48	36,00	3,86	520,00	4,86	135,88	28,26	2,48	192,00	3,40	17,30
		10	14,0	4,6	24,33	359,82	39,74	3,85	571,04	4,84	148,59	30,45	2,47	211,00	3,45	19,10
		12	14,0	4,6	28,89	422,23	47,06	3,82	670,02	4,82	174,43	34,94	2,46	248,00	3,53	22,68
		14	14,0	4,6	33,37	481,76	54,17	3,80	763,90	4,78	199,62	39,10	2,45	282,00	3,61	26,20
		16	14,0	4,6	37,77	538,56	61,09	3,78	852,84	4,75	224,29	43,10	2,44	315,00	3,68	29,65
14	140	9	14,0	4,6	24,72	465,72	45,55	4,34	739,42	5,47	192,03	35,92	2,79	274,00	3,76	19,41
		10	14,0	4,6	27,33	512,29	50,32	4,33	813,62	5,46	210,96	39,05	2,78	301,00	3,82	21,45
		12	14,0	4,6	32,49	602,49	59,66	4,31	956,98	5,43	248,01	44,97	2,76	354,00	3,90	25,50
		10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96	1229,10	6,25	319,33	52,52	3,19	455,00	4,30	24,67
		11	16,0	5,3	34,42	844,21	72,44	4,95	1340,06	6,24	347,77	56,53	3,18	496,00	4,35	27,02
		12	16,0	5,3	37,39	912,89	78,62	4,94	1450,00	6,23	375,78	60,53	3,17	537,00	4,39	29,35
16	160	14	16,0	5,3	43,57	1046,47	90,77	4,92	1662,13	6,20	430,81	68,15	3,16	615,00	4,47	34,20
		16	16,0	5,3	49,07	1175,19	102,64	4,89	1865,73	6,17	484,64	75,92	3,14	690,00	4,55	38,52
		18	16,0	5,3	54,79	1290,24	114,24	4,87	2061,03	6,13	537,46	82,08	3,13	771,00	4,63	43,01
		20	16,0	5,3	60,40	1418,85	125,60	4,85	2248,26	6,10	589,43	90,02	3,12	830,00	4,70	47,41
		11	16,0	5,3	38,80	1216,44	92,47	5,60	1933,10	7,06	499,78	72,86	3,59	716,00	4,85	30,47
		12	16,0	5,3	42,19	1316,62	100,41	5,59	2092,78	7,04	540,45	78,15	3,58	776,00	4,89	33,12
20	200	12	18,0	6,0	47,10	1822,78	124,61	6,22	2896,16	7,84	749,40	98,68	3,99	1073,0	5,37	36,97
		13	18,0	6,0	50,85	1960,77	134,44	6,21	3116,18	7,83	805,35	105,07	3,98	1156,0	5,42	39,92
		14	18,0	6,0	54,60	2097,00	144,17	6,20	3333,00	7,81	861,00	111,50	3,97	1236,0	5,46	42,80
		16	18,0	6,0	61,98	2362,57	163,37	6,17	3755,39	7,78	969,74	123,77	3,96	1393,0	5,54	48,65
		20	18,0	6,0	76,54	2871,47	200,37	6,12	4860,42	7,72	1181,92	146,62	3,93	1689,0	5,70	60,08
		25	18,0	6,0	94,29	3466,21	245,59	6,06	5494,04	7,63	1438,38	172,68	3,91	2028,0	5,89	74,02
22	220	30	18,0	6,0	111,54	4019,60	288,57	6,00	6351,05	7,55	1698,16	193,06	3,89	2332,0	6,07	87,56
		14	21,0	7,0	60,38	2814,36	175,18	6,83	4470,15	8,60	1158,56	138,62	4,38	1655,0	5,91	47,40
		16	21,0	7,0	68,58	3175,44	198,71	6,80	5045,37	8,58	1305,52	153,34	4,36	1869,0	6,02	53,83

Номер уголка	b	t	R	r	F, см ²	Справочные значения величин для осей										Масса 1 М, кг	
						мм			x-x		x_0-x_0		y_0-y_0		I_xy, см4		x_0, см
									W_x, см3	i_x; см	I_x0 max, см4	i_x0 max, см4	i_y0 min, см4	W_y0, см3			
						I_x, см4											
25	250	16	24,0	8,0	78,40	4717,10	258,43	7,76	7492,10	9,78	1942,09	203,45	4,98	2775,0	6,75	61,55	
		18	24,0	8,0	87,72	5247,24	288,82	7,73	8336,69	9,75	2157,78	223,39	4,96	3089,0	6,83	68,86	
		20	24,0	8,0	96,96	5764,87	318,76	7,71	9159,73	9,72	2370,01	242,52	4,94	3395,0	6,91	76,11	
		22	24,0	8,0	106,12	6270,32	348,26	7,69	9961,30	9,69	2579,04	260,52	4,93	3691,0	7,00	83,31	
		25	24,0	8,0	119,71	7006,39	391,72	7,65	11125,52	9,64	2887,26	287,14	4,91	4119,0	7,11	93,97	
		28	24,0	8,0	133,12	7716,86	434,25	7,61	12243,84	9,59	3189,89	311,98	4,90	4527,0	7,23	104,50	
		30	24,0	8,0	141,96	8176,82	462,11	7,59	12964,66	9,56	3388,98	327,82	4,89	4788,0	7,31	111,44	
		35	24,0	8,0	163,71	9281,05	530,11	7,53	14682,73	9,47	3879,37	366,13	4,87	5401,68	7,53	128,51	

Приложение 3. Извлечение из межгосударственного стандарта ГОСТ 8510-86 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент»

Условные обозначения:

B - ширина большей полки;

b - ширина меньшей полки;

t - толщина полки;

R - радиус внутреннего закругления;

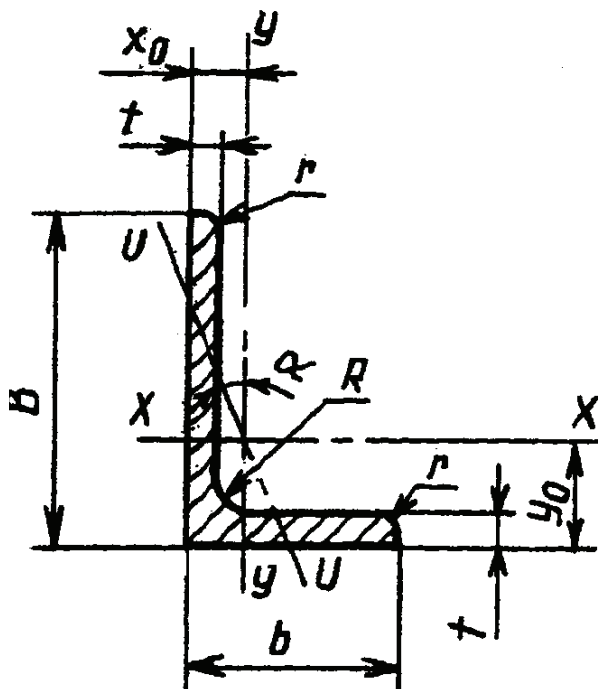
r - радиус закругления полок;

J - момент инерции;

i - радиус инерции;

X_0, Y_0 - расстояние от центра тяжести до наружных граней полок;

J_{xy} - центробежный момент инерции.



Номер уголка	мм				Пло- щадь попе- реч- ного сече- ния, см2	Справочные величины для осей										х, о см	у, о см	Jху, см4	Угол на- кло- на оси, tg α	Масса 1 м угол- ка, кг
	В	b	t	R		х - х				у - у				u - u						
						Jx, см4	Wx, см3	ix, см	Jy, см4	Wy, см3	iy, см	Ju min, см4	Wu, см3	iu min, см						
2,5/1,6	25	16	3	3,5	1,2	1,16	0,70	0,43	0,78	0,22	0,19	0,44	0,13	0,16	0,34	0,42	0,86	0,22	0,392	0,91
3/2*	30	20	3			1,43	1,27	0,62	0,94	0,45	0,30	0,56	0,26	0,25	0,43	0,51	1,0	0,43	0,427	1,12
			4			1,86	1,61	0,82	0,93	0,56	0,39	0,55	0,34	0,32	0,43	0,54	1,04	0,54	0,421	1,46
3,2/2	32	20	3			1,49	1,52	0,72	1,01	0,46	0,30	0,55	0,28	0,25	0,43	0,49	1,08	0,47	0,382	1,17
			4			1,94	1,93	0,93	1,00	0,57	0,39	0,54	0,35	0,33	0,43	0,53	1,12	0,59	0,374	1,52
4/2,5	40	25	3	4,0	1,3	1,89	3,06	1,14	1,27	0,93	0,49	0,70	0,56	0,41	0,54	0,59	1,32	0,96	0,385	1,48
			4			2,47	3,93	1,49	1,26	1,18	0,63	0,69	0,71	0,52	0,54	0,63	1,37	1,22	0,281	1,94
			5			3,03	4,73	1,82	1,25	1,41	0,77	0,68	0,86	0,64	0,53	0,66	1,41	1,44	0,374	2,37
4/3*	40	30	4			2,67	4,18	1,54	1,25	2,01	0,91	0,87	1,09	0,75	0,64	0,78	1,28	1,68	0,544	2,26
			5			3,28	5,04	1,88	1,24	2,41	1,11	0,86	1,33	0,91	0,64	0,82	1,32	2,00	0,539	2,46
4,5/2,8	45	28	3	5,0	1,7	2,14	4,41	1,45	1,48	1,32	0,61	0,79	0,72	0,52	0,61	0,64	1,47	1,38	0,382	1,68
			4			2,80	5,68	1,90	1,42	1,69	0,80	0,78	1,02	0,67	0,60	0,68	1,51	1,77	0,379	2,20
5/3,2	50	32	3	5,5	1,8	2,42	6,18	1,82	1,60	1,99	0,81	0,91	1,18	0,68	0,70	0,72	1,60	2,01	0,403	1,9
			4			3,17	7,98	2,38	1,59	2,56	1,05	0,90	1,52	0,88	0,69	0,76	1,65	2,59	0,401	2,4
5,6/3,6	56	36	4	6,0	2,0	3,58	11,37	3,01	1,78	3,70	1,34	1,02	2,19	1,13	0,78	0,84	1,82	3,74	0,406	2,81
			5			4,41	13,82	3,70	1,77	4,48	1,65	1,01	2,65	1,37	0,78	0,88	1,87	4,50	0,404	3,46
6,3/4,0	63	40	4	7,0	2,3	4,04	16,33	3,83	2,01	5,16	1,67	1,13	3,07	1,41	0,87	0,91	2,03	5,25	0,397	3,17
			5			4,98	19,91	4,72	2,00	6,26	2,05	1,12	3,73	1,72	0,86	0,95	2,08	6,41	0,396	3,91
			6			5,90	23,31	5,58	1,99	7,29	2,42	1,11	4,36	2,02	0,86	0,99	2,12	7,44	0,393	4,63
			8			7,68	29,60	7,22	1,96	9,15	3,12	1,09	5,58	2,60	0,85	1,07	2,20	9,27	0,386	6,03
6,5/5*	65	50	5	6,0	2,0	5,56	23,41	5,20	2,05	12,08	3,23	1,47	6,41	2,68	1,07	1,26	2,00	9,77	0,576	4,36
			6			6,60	27,46	6,16	2,04	14,12	3,82	1,46	7,52	3,15	1,07	1,30	2,04	11,46	0,575	5,18
			7			7,62	31,32	7,08	2,03	16,05	4,38	1,45	8,60	3,59	1,06	1,34	2,08	12,94	0,571	5,98
			8			8,62	35,00	7,99	2,02	18,88	4,93	1,44	9,65	4,02	1,06	1,37	2,12	13,61	0,570	6,77
7/4,5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	27,76	5,88	2,23	9,05	2,62	1,27	5,34	2,20	0,98	1,05	2,28	9,12	0,406	4,39

Номер уголка	мм					Справочные величины для осей										Угол на- кло- на оси, tg α	Масса 1 м угол- ка, кг			
	В	b	t	R	r	Пло- щадь попе- реч- ного сече- ния, см2	x - x			y - y			u - u							
							Jx, см4	Wx, см3	ix, см	Jy, см4	Wy, см3	iy, см	Ju min, см4	Wu, см3	iu min, см					
7,5/5	75	50	5	8,0	2,7	6,11	34,81	6,81	2,39	12,47	3,25	1,43	7,24	2,73	1,09	1,17	2,39	12,00	0,436	4,79
		6	6			7,25	40,92	8,08	2,38	14,60	3,85	1,42	8,48	3,21	1,08	1,21	2,44	14,10	0,435	5,69
		7*	7			8,37	46,77	9,31	2,36	16,61	4,43	1,41	9,69	3,69	1,08	1,25	2,48	16,18	0,435	6,57
		8	8			9,47	52,38	10,52	2,35	18,52	4,88	1,40	10,87	4,14	1,07	1,29	2,52	17,80	0,430	7,43
8/5	80	50	5	8,0	2,7	6,36	41,64	7,71	2,56	12,68	3,28	1,41	7,57	2,75	1,00	1,13	2,60	13,20	0,387	4,49
		6	6			7,55	48,98	9,15	2,55	14,85	3,88	1,40	8,88	3,24	1,08	1,17	2,65	15,50	0,386	5,92
8/6*	80	60	6			8,15	52,06	9,42	2,53	25,18	5,58	1,76	13,61	4,66	1,29	1,49	2,47	20,98	0,547	6,39
		7	7			9,42	59,61	10,87	2,52	28,74	6,43	1,75	15,58	5,34	1,29	1,53	2,52	24,01	0,546	7,39
		8	8			10,67	66,88	12,38	2,50	32,15	7,26	1,74	17,49	5,99	1,28	1,57	2,56	26,83	0,514	8,37
9/5,6	90	56	5,5	9,0	3,0	7,86	65,28	10,74	2,88	19,67	4,53	1,58	11,77	3,81	1,22	1,26	2,92	20,54	0,384	6,17
		6	6			8,54	70,58	11,66	2,88	21,22	4,91	1,58	12,70	4,12	1,22	1,28	2,95	22,23	0,384	6,70
		8	8			11,18	90,87	15,24	2,85	27,08	6,39	1,56	16,29	5,32	1,21	1,36	3,04	28,33	0,380	8,77
10/6,3	100	63	6	10,0	3,3	9,58	98,29	14,52	3,20	30,58	6,27	1,79	18,20	5,27	1,38	1,42	3,23	31,50	0,393	7,53
		7	7			11,09	112,86	16,78	3,19	34,99	7,23	1,78	20,83	6,06	1,37	1,46	3,28	36,10	0,392	8,70
		8	8			12,57	126,96	19,01	3,18	39,21	8,17	1,77	23,38	6,82	1,36	1,50	3,32	40,50	0,391	9,87
		10	10			15,47	153,95	23,32	3,15	47,18	9,99	1,75	28,34	8,31	1,35	1,58	3,40	48,60	0,387	12,14
10/6,5*	100	65	7			11,23	114,05	16,87	3,19	38,32	7,70	1,85	22,77	6,43	1,41	1,52	3,24	38,00	0,415	8,81
		8	8			12,73	128,31	19,11	3,18	42,96	8,70	1,84	25,24	7,26	1,41	1,56	3,28	42,64	0,414	9,99
		10	10			15,67	155,52	23,45	3,15	51,68	10,64	1,82	30,60	8,83	1,40	1,64	3,37	51,18	0,410	12,30
11/7	110	70	6,5			11,45	142,42	19,11	3,53	45,61	8,42	2,00	26,94	7,05	1,53	1,58	3,55	46,80	0,402	8,98
		8	8			13,93	171,54	23,22	3,51	54,64	10,20	1,98	32,31	8,50	1,52	1,64	3,61	55,90	0,400	10,93
12,5/8	125	80	7	11,0	3,7	14,06	226,53	26,67	4,01	73,73	11,89	2,29	43,40	9,96	1,76	1,80	4,01	74,70	0,407	11,04
		8	8			15,98	225,62	30,26	4,00	80,95	13,47	2,28	48,82	11,25	1,75	1,84	4,05	84,10	0,406	12,58
		10	10			19,70	311,61	37,27	3,98	100,47	16,52	2,26	59,33	13,74	1,74	1,92	4,14	102,00	0,404	15,47
		12	12			23,36	364,79	44,07	3,95	116,84	19,46	2,24	69,47	16,11	1,72	2,00	4,22	118,00	0,400	18,34
14/9	140	90	8	12,0	4,0	18,00	363,68	38,25	4,49	119,79	17,19	2,58	70,27	14,39	1,58	2,03	4,49	121,00	0,411	14,13
		10	10			22,24	444,45	47,19	4,47	145,54	21,14	2,58	85,51	17,58	1,96	2,12	4,58	147,00	0,409	17,46

Номер уголка	мм					Пло- щадь попе- реч- ного сече- ния, см2	Справочные величины для осей										Угол на- клона на оси, tg α	Масса 1 м угол- ка, кг		
	В	b	t	R	r		x - x			y - y			u - u							
							Jx, см4	Wx, см3	ix, см	Jy, см4	Wy, см3	iy, см	Ju min, см4	Wu, см3	iu min, см					
16/10	160	100	9	13,0	4,3	22,87	605,97	56,04	5,15	186,03	23,96	2,85	110,40	20,01	2,20	2,24	5,19	194,00	0,391	17,96
		10				25,28	666,59	61,91	5,13	204,09	26,42	2,84	121,16	22,02	2,19	2,28	5,23	213,00	0,390	19,85
		12				30,04	784,22	73,42	5,11	238,75	31,23	2,82	142,14	25,93	2,18	2,36	5,32	249,00	0,388	23,58
		14				34,72	897,19	84,65	5,08	271,60	35,89	2,80	162,49	29,75	2,16	2,43	5,40	282,00	0,385	27,26
18/11 20/12,5	180	110	10	14,0	4,7	28,33	952,28	78,59	5,80	276,37	32,27	3,12	165,44	26,96	2,42	2,44	5,88	295,00	0,376	22,20
		12				33,69	1122,56	93,33	5,77	324,09	38,20	3,10	194,28	31,83	2,40	2,52	5,97	348,00	0,374	26,40
		125				34,87	1449,02	107,31	6,45	446,36	45,98	3,58	263,84	38,27	2,75	2,79	6,50	465,00	0,392	27,37
		12				37,89	1568,19	116,51	6,43	481,93	49,85	3,57	285,04	41,45	2,74	2,83	6,54	503,00	0,392	29,74
		14				43,87	1800,83	134,64	6,41	550,77	57,43	3,54	326,54	47,57	2,73	2,91	6,62	575,00	0,390	34,43
		16				49,77	2026,08	152,41	6,38	616,66	64,83	3,52	366,99	53,56	2,72	2,99	6,71	643,00	0,388	39,07

Приложение 4. Извлечение из межгосударственного стандарта ГОСТ 8240-97 «Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент»

2.1 По форме и размерам швеллеры изготавливают следующих серий:

- У - с уклоном внутренних граней полок;
- П - с параллельными гранями полок;
- Э - экономичные с параллельными гранями полок;
- Л - легкой серии с параллельными гранями полок;
- С - специальные.

Условные обозначения величин, характеризующих свойства швеллера:

- h** - высота (швеллера);
- b** - ширина полки;
- s** - толщина стенки;
- t** - толщина полки;
- R** - радиус внутреннего закругления;
- r** - радиус закругления полки;
- X_0 - расстояние от оси Y-Y до наружной грани стенки;
- Δ - перекося полки;
- f** - прогиб стенки по высоте сечения профиля;
- F** - площадь поперечного сечения;
- I** - момент инерции;
- W** - момент сопротивления;
- i** - радиус инерции;
- S_x - статический момент полусечения.

2.2 Поперечное сечение швеллеров серий У, С должно соответствовать приведённому на рисунке 1, серий П, Э, Л - на рисунке 2.

2.3 Размеры швеллеров, площадь поперечного сечения, масса 1 м и справочные значения для осей должны соответствовать приведённым в таблицах 1-5.

2.3.1 Площадь поперечного сечения и масса 1 м швеллера вычислены по номинальным размерам, плотность стали принята равной $7,85 \text{ г/см}^3$.

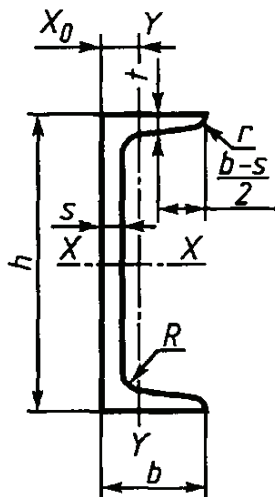


Рисунок 1

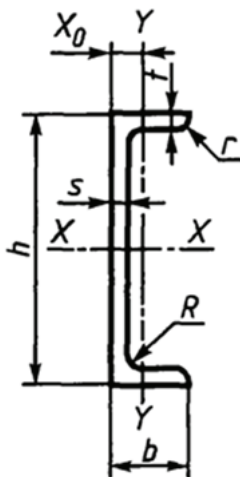


Рисунок 2

Таблица 1 - Швеллеры с уклоном внутренних граней полок

Номер швеллера серии у	h	b	s	t	R	MM		Площадь поперечного сечения F, см ²	Масса 1м, кг	Справочные значения для осей							X ₀ , см
						не более	г			X-X				Y-Y			
										I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	
5У	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	
6,5У	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	
8У	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,30	12,80	4,75	1,19	1,31	
10У	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	
12У	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	
14У	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	
16У	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	
16аУ	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	
18У	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	
18аУ	180	74	5,1	9,3	9,0	3,5	22,20	17,40	1190,0	132,0	7,32	76,10	105,00	20,00	2,18	2,13	
20У	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,40	18,40	1520,0	152,0	8,07	87,80	113,00	20,50	2,20	2,07	
22У	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,70	21,00	2110,0	192,0	8,89	110,00	151,00	25,10	2,37	2,21	
24У	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,60	24,00	2900,0	242,0	9,73	139,00	208,00	31,60	2,60	2,42	
27У	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,20	27,70	4160,0	308,0	10,90	178,00	262,00	37,30	2,73	2,47	
30У	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,50	31,80	5810,0	387,0	12,00	224,00	327,00	43,60	2,84	2,52	
33У	330	105	7,0	11,7	13,0	5,0	46,50	36,50	7980,0	484,0	13,10	281,00	410,00	51,80	2,97	2,59	
36У	360	110	7,5	12,6	14,0	6,0	53,40	41,90	10820,0	601,0	14,20	350,00	513,00	61,70	3,10	2,68	
40У	400	115	8,0	13,5	15,0	6,0	61,50	48,30	15220,0	761,0	15,70	444,00	642,00	73,40	3,23	2,75	

Таблица 2 - Швеллеры с параллельными гранями полок

Номер швел- лера серии П	h	b	s	t	R	мм		Площадь попе- речного сечения F, см ²	Масса 1м, кг	Справочные значения для осей							X ₀ , см
						не более	r			X-X				Y-Y			
										I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	
5П	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,61	5,95	2,99	0,98	1,21	
6,5П	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,51	5,90	48,8	15,0	2,55	9,02	9,35	4,06	1,12	1,29	
8П	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05	89,8	22,5	3,16	13,30	13,90	5,31	1,24	1,38	
10П	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59	175,0	34,9	3,99	20,50	22,60	7,37	1,44	1,53	
12П	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40	305,0	50,8	4,79	29,70	34,90	9,84	1,62	1,66	
14П	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30	493,0	70,4	5,61	40,90	51,50	12,90	1,81	1,82	
16П	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20	750,0	93,8	6,44	54,30	72,80	16,40	2,00	1,97	
16аП	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30	827,0	103,0	6,51	59,50	90,50	19,60	2,15	2,19	
18П	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30	1090,0	121,0	7,26	70,00	100,00	20,60	2,20	2,14	
18аП	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40	1200,0	133,0	7,34	76,30	123,00	24,30	2,35	2,36	
20П	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40	1530,0	153,0	8,08	88,00	134,00	25,20	2,39	2,30	
22П	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00	2120,0	193,0	8,90	111,00	178,00	31,00	2,58	2,47	
24П	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00	2910,0	243,0	9,75	139,00	248,00	39,50	2,85	2,72	
27П	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70	4180,0	310,0	10,90	178,00	314,00	46,70	2,99	2,78	
30П	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80	5830,0	389,0	12,00	224,00	393,00	54,80	3,12	2,83	
33П	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50	8010,0	486,0	13,10	281,00	491,00	64,60	3,25	2,90	
36П	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90	10850,0	603,0	14,30	350,00	611,00	76,30	3,38	2,99	
40П	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30	15260,0	763,0	15,80	445,00	760,00	89,90	3,51	3,05	

Таблица 3 - Швеллеры экономичные с параллельными гранями полок

Номер швеллера серии Э	h	b	s	t	R	r не более	Площадь поперечного сечения F, см²	Масса 1м, кг	Справочные значения для осей							X ₀ , см
									X-X				Y-Y			
									I _x , см4	W _x , см3	i _x , см	S _x , см3	I _y , см4	W _y , см3	i _y , см	
5Э	50	32	4,2	7,0	6,5	2,5	6,10	4,79	22,9	9,17	1,94	5,62	6,02	3,05	0,993	1,23
6,5Э	65	36	4,2	7,2	6,5	2,5	7,41	5,82	48,9	15,05	2,57	9,02	9,42	4,13	1,127	1,32
8Э	80	40	4,2	7,4	7,5	2,5	8,82	6,92	90,0	22,50	3,19	13,31	13,93	5,38	1,257	1,41
10Э	100	46	4,2	7,6	9,0	3,0	10,79	8,47	175,9	35,17	4,04	20,55	22,68	7,47	1,450	1,56
12Э	120	52	4,5	7,8	9,5	3,0	13,09	10,24	307,0	51,17	4,84	29,75	35,12	10,03	1,638	1,70
14Э	140	58	4,6	8,1	10,0	3,0	15,41	12,15	495,7	70,81	5,67	40,96	51,76	13,13	1,833	1,86
16Э	160	64	4,7	8,4	11,0	3,5	17,85	14,01	755,5	94,43	6,50	54,41	73,17	16,70	2,024	2,02
18Э	180	70	4,8	8,7	11,5	3,5	20,40	16,01	1097,9	121,99	7,34	70,05	100,51	20,87	2,219	2,18
20Э	200	76	4,9	9,0	12,0	4,0	23,02	18,07	1537,1	153,71	8,17	88,03	134,07	25,54	2,413	2,35
22Э	220	82	5,1	9,5	13,0	4,0	26,36	20,69	2134,2	194,02	9,00	111,00	179,05	31,54	2,606	2,52
24Э	240	90	5,3	10,0	13,0	4,0	30,19	23,69	2927,0	243,92	9,85	139,08	249,03	40,07	2,872	2,78
27Э	270	95	5,8	10,5	13,0	4,5	34,87	27,37	4200,2	311,12	10,97	178,25	316,24	47,43	3,011	2,83
30Э	300	100	6,3	11,0	13,0	5,0	39,94	31,35	5837,1	389,14	12,09	224,00	395,57	55,58	3,147	2,38
33Э	330	105	6,9	11,7	13,0	5,0	46,15	36,14	8021,8	488,17	13,18	281,23	497,02	65,78	3,282	2,94
36Э	360	110	7,4	12,6	14,0	6,0	52,90	41,53	10864,5	603,58	14,33	350,05	618,92	77,76	3,420	3,04
40Э	400	115	7,9	13,5	15,5	6,0	61,11	47,97	15307,9	765,40	15,83	445,41	770,89	91,80	3,552	3,10

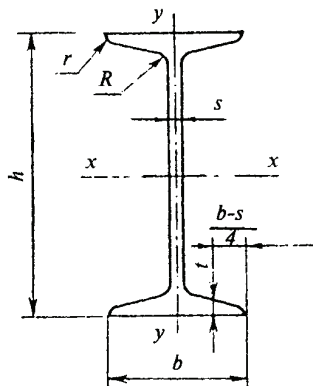
Таблица 4 - Швеллеры легкой серии с параллельными гранями полок

Номер швеллера серии Л	h	b	s	t	R	r не более	Площадь поперечного сечения F, см²	Масса 1м, кг	Справочные значения для осей							X ₀ , см
									X-X				Y-Y			
									I _x , см⁴	W _x , см³	i _x , см	S _x , см³	I _y , см⁴	W _y , см³	i _y , см	
12Л	120	30	3,0	4,8	7	-	6,39	5,02	135,26	22,54	4,60	13,43	5,02	2,24	0,89	0,76
14Л	140	32	3,2	5,6	7	-	7,57	5,94	212,94	30,42	5,31	18,23	6,55	2,70	0,93	0,78
16Л	160	35	3,4	5,3	8	-	9,04	7,10	331,96	41,49	6,06	24,84	9,23	3,46	1,01	0,83
18Л	180	40	3,6	5,6	8	-	10,81	8,49	503,87	55,98	6,83	33,49	14,64	4,10	1,16	0,94
20Л	200	45	3,8	6,0	9	-	12,89	10,12	748,17	74,82	7,62	44,59	22,37	6,51	1,32	1,06
22Л	220	50	4,0	6,4	10	-	15,11	11,86	1070,97	97,36	8,42	57,82	32,85	8,61	1,47	1,19
24Л	240	55	4,2	6,8	10	-	17,41	13,66	1476,39	123,03	9,21	72,90	46,25	11,04	1,63	1,31
27Л	270	60	4,5	7,3	11	-	20,77	16,30	2218,16	164,31	10,33	97,48	65,10	14,17	1,77	1,40
30Л	300	65	4,8	7,8	11	-	24,30	19,07	3186,74	212,45	11,45	126,24	89,08	17,84	1,91	1,51

Таблица 5 - Швеллеры специальные

Номер швеллера серии C	h	b	s	t	R	г не более	Площадь поперечного сечения F, см ²	Масса 1м, кг	Справочные значения для осей						X ₀ , см
									X-X			Y-Y			
									I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см	
8C80	45	5,5	9,0	9,0	1,5	6	11,80	9,26	115,82	28,95	3,13	22,24	7,63	1,38	1,57
14C	140	58	6,0	9,5	9,5	4,75	-	18,51	14,53	563,70	80,50	5,52	53,20	13,01	1,70
14Ca	140	60	8,0	9,5	9,5	5,0	10	21,30	16,72	609,10	87,01	5,35	61,02	14,09	1,69
16C	160	63	6,5	10,0	10,0	5,0	-	21,95	17,53	866,20	108,30	6,28	73,30	16,30	1,83
16Ca	160	65	8,5	10,0	10,0	5,0	-	25,15	19,74	934,50	116,80	6,10	83,40	17,55	1,82
18C	180	68	7,0	10,5	10,5	5,3	-	25,70	20,20	1272,00	141,00	7,04	98,50	20,10	1,96
18Ca	180	70	9,0	10,5	10,5	5,3	-	29,30	23,00	1370,00	152,00	6,84	111,00	21,30	1,95
18C6	180	100	8,0	10,5	10,5	5,0	6	34,04	26,72	1791,01	199,00	7,25	305,48	43,58	3,00
20C	200	73	7,0	11,0	11,0	5,5	10	28,83	22,63	1780,37	178,04	7,86	128,04	24,19	2,11
20Ca	200	75	9,0	11,0	11,0	5,5	10	32,83	25,77	1913,71	191,37	7,64	143,63	25,88	2,09
20C6	200	100	8,0	11,0	11,0	5,5	6	36,58	28,71	2360,88	236,09	8,03	327,23	46,30	2,99
24C	240	85	9,5	14,0	14,0	7,0	-	44,46	34,90	3841,35	320,11	9,29	268,89	43,70	2,46
26C	260	65	10,0	16,0	15,0	3,0	-	44,09	34,61	4088,00	314,50	9,63	115,60	171,60	5,03
26Ca	260	90	10,0	15,0	15,0	7,5	8	50,60	39,72	5130,83	394,68	10,07	343,15	52,62	2,60
30C	300	85	7,5	13,5	13,5	7,0	10	43,88	34,44	6045,43	403,03	11,74	260,74	41,41	2,44
30Ca	300	87	9,5	13,5	13,5	7,0	10	49,88	39,15	6495,43	433,03	11,41	288,78	43,93	2,41
30C6	300	89	11,5	13,5	13,5	7,0	10	55,88	43,86	6945,43	463,03	11,15	315,35	46,29	2,38

**Приложение 5. Извлечение из Государственный стандарт
Союза ССР ГОСТ 8239-89 (СТ СЭВ 2209-80)
«Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент»**



h — высота двутавра; b — ширина полки; s — толщина стенки; t — средняя толщина полки; R — радиус внутреннего закругления; r — радиус закругления полки

Черт. 1

Номер дугав- ра	h	b	s	t	R	r	Площадь попе- речного сечения F, см ²	Масса 1м, кг	Справочные значения для осей								
									X-X							Y-Y	
									I_x, см4	W_x, см3	i_x, см	S_x, см2	I_y, см4	W_y, см3	i_y, 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	11,50	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	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55		
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70		
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88		
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07		
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27		
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37		
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54		
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69		
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79		
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89		
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03		
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09		
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23		
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39		
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54		

Приложение 6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 24454-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры»

2. Номинальные размеры толщины и ширины обрезных пиломатериалов с параллельными кромками и толщины необрезных и обрезных пиломатериалов с непараллельными кромками должны соответствовать указанным в таблице.

Номинальные размеры толщины и ширины

16	75	100	125	150	-	-	-	-	-
19	75	100	125	150	175	-	-	-	-
22	75	100	125	150	175	200	225	-	-
25	75	100	125	150	175	200	225	250	275
32	75	100	125	150	175	200	225	250	275
40	75	100	125	150	175	200	225	250	275
44	75	100	125	150	175	200	225	250	275
50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
60	75	100	125	150	175	200	225	250	275
75	75	100	125	150	175	200	225	250	275
100	-	100	125	150	175	200	225	250	275
125	-	-	125	150	175	200	225	250	-
150	-	-	-	150	175	200	225	250	-
175	-	-	-	-	175	200	225	250	-
200	-	-	-	-	-	200	225	250	-
250	-	-	-	-	-	-	-	250	-

Примечание. По требованию потребителя допускается изготавливать пиломатериалы с размерами, не указанными в таблице.

4. Пиломатериалы должны также изготавливаться со следующими размерами поперечных сечений:

Для экспорта - 63х160; 90х90; 90х125; 50х300; 63х300; 75х300; 100х300 мм. По согласованию с потребителем пиломатериалы указанных поперечных сечений могут изготавливаться для внутреннего рынка;

Приложение 7. Таблица к определению коэффициента продольного изгиба.

Гиб- кость λ	Сталь с расчётным сопротивлением по пределу текучести R, МПа							Чугун марки СЧ	Сосна
	200	240	280	320	360	400	440		
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,988	0,987	0,985	0,984	0,983	0,982	0,981	0,970	0,992
20	0,967	0,962	0,959	0,955	0,952	0,949	0,946	0,910	0,968
30	0,939	0,931	0,924	0,917	0,911	0,905	0,900	0,810	0,928
40	0,906	0,894	0,883	0,873	0,863	0,854	0,846	0,690	0,872
50	0,869	0,852	0,836	0,822	0,809	0,796	0,785	0,570	0,800
60	0,827	0,805	0,785	0,766	0,749	0,721	0,696	0,440	0,712
70	0,782	0,754	0,724	0,687	0,654	0,623	0,595	0,340	0,612
80	0,734	0,686	0,641	0,602	0,566	0,532	0,501	0,260	0,469
90	0,665	0,612	0,565	0,522	0,483	0,447	0,413	0,200	0,370
100	0,599	0,542	0,493	0,448	0,408	0,369	0,335	0,160	0,300
110	0,537	0,478	0,427	0,381	0,338	0,306	0,280	—	0,248
120	0,479	0,419	0,366	0,321	0,287	0,260	0,237	—	0,208
130	0,425	0,364	0,313	0,276	0,247	0,223	0,204	—	0,178
140	0,376	0,315	0,272	0,240	0,215	0,195	0,178	—	0,153
150	0,328	0,276	0,239	0,211	0,189	0,171	0,157	—	0,133
160	0,290	0,244	0,212	0,187	0,167	0,152	0,139	—	0,117
170	0,259	0,218	0,189	0,167	0,150	0,136	0,125	—	0,104
180	0,233	0,196	0,170	0,150	0,135	0,123	0,112	—	0,093
190	0,210	0,177	0,154	0,136	0,122	0,111	0,102	—	0,083
200	0,191	0,161	0,140	0,124	0,111	0,101	0,093	—	0,075
210	0,174	0,147	0,128	0,113	0,102	0,093	0,085	—	0,068
220	0,160	0,135	0,118	0,104	0,094	0,086	0,077	—	0,062

К.А.ЦВЕТКОВ

**ПРОСТЫЕ ВИДЫ
СОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯ
ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»**

Учебное издание

Отпечатано в типографии «ВАШ ФОРМАТ»
г. Москва, ул. Донская, 32.
+7 (495) 749-45-84
www.kniga-premium.ru

