

**СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

**Сборник задач
Часть II**

**НОВОСИБИРСК
2019**

УДК 539.8
ББК 30.121
С 232

Агуленко В.Н.

С232 Сопротивление материалов: сборник задач. Часть II /В.Н. Агуленко, Е.Б. Маслов, В.М. Тихомиров, А.П. Шабанов. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2019. Ч. II. – с.

Сборник задач разработан преподавателями кафедры «Строительная механика» СГУПС. В нем приведены условия и расчетные схемы задач, указания по выбору исходных данных, правила выполнения и оформления заданий, таблицы сортаментов стального проката и библиографический список.

Сборник задач предназначен для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям специалитета и бакалавриата и изучающих дисциплину «Сопротивление материалов».

Рассмотрено и рекомендовано к изданию кафедрой «Строительная механика».

Ответственный редактор
д-р техн. наук, проф. *В.М. Тихомиров*

Рецензент
Доцент кафедры «Теоретическая механика» СГУПС, канд. техн. наук, доцент Зиновьев В.Б

Сибирский государственный университет
путей сообщения, 2019
Агуленко В.Н., Маслов Е.Б., Тихомиров В.М., Шабанов А.П., 2019

ВВЕДЕНИЕ

В сборнике содержатся многовариантные задачи по второй части курса «Сопротивление материалов», предназначенные для самостоятельной работы студентов. Набор задач, номер варианта (расчетной схемы) и сроки выполнения задания студентам сообщает преподаватель. Значения (исходные данные) для своего варианта студент выбирает сам по таблицам, которые прилагаются к каждой задаче. При выборе данных студент использует начальную букву своего имени и буквы фамилии. Короткая фамилия для получения нужного набора ключевых букв повторяется, а длинная обрывается. Выбор исходных данных оформляется в виде таблицы, которая располагается на первом листе при оформлении решения задачи. Ниже дается пример выбора исходных данных к задаче №1 для студента С. Ивлева.

С.	И	в	л	е	в
$l, \text{ м}$	a/l	$q, \text{ кН/м}$	не используются		
3	0,5	2			

Исходные данные (размеры, значение нагрузки) наносятся на чертеж (расчетную схему) в числовом виде.

В библиотеке университета имеется обширный набор учебно-методической литературы, которая поможет в освоении учебного материала и при решении задач. Список рекомендуемой литературы приведен в конце этого сборника.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЙ

1. Номера задач, их варианты, сроки выполнения и защиты заданий определяет преподаватель, ведущий занятия.

2. Решение каждой задачи необходимо начинать с новой страницы. В начале первой страницы записывается: номер задачи, вариант и таблица исходных данных.

3. Расчеты оформлять чернилами от руки. Чертежи выполнять по линейке с указанием необходимых для расчета размеров, соблюдая масштаб.

4. Часть чертежей, по указанию преподавателя, выполнить на чертежной или миллиметровой бумаге.

5. Физико-механические характеристики материалов, необходимые для решения задач, студент выбирает самостоятельно, руководствуясь условием задачи и приложениями, приведенными в конце сборника.

6. Каждый этап решения задачи должен быть озаглавлен.

7. При оформлении вычислений сначала записать формулу, затем в нее подставить исходные и расчетные данные, переведенные в единицы

измерения системы СИ, и определить результат с обязательным указанием его единиц измерения. Промежуточные вычисления записывать лишь при сложных преобразованиях. Все числовые результаты округлить до третьей значащей цифры.

8. Решение задач заканчивать ответом (выводом).

ОБОЗНАЧЕНИЕ ВЕЛИЧИН И ИХ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Параметры	Обозначение	Наименование величины	Единицы Международной системы (СИ)
Геометрические характеристики	a, b, h, d, l	Линейные размеры стержня	м
	A	Площадь	м ²
	S_z, S_y	Статические моменты	м ³
	J_z, J_y	Осевые моменты инерции сечения	м ⁴
	J_p	Полярный момент инерции сечения	м ⁴
	J_{zy}	Центробежный момент инерции сечения	м ⁴
	W_z	Момент сопротивления сечения (относительно оси z)	м ³
	W_p	Полярный момент сопротивления сечения	м ³
Нагрузки	P, F	Сосредоточенная сила	Н (ньютон)
	S_1, S_2	Усилия в ветвях ременной передачи	Н
	q	Интенсивность нагрузки, распределенной по линии	Н/м
	m	Сосредоточенный момент (пара сил)	Н·м
Внутренние усилия	N	Продольная сила	Н
	Q_z, Q_y	Поперечные силы	Н
	M_z, M_y	Изгибающие моменты	Н·м
	$M_{кр}$	Крутящий момент	Н·м
Напряжения	σ	Нормальное напряжение	Па
	τ	Касательное напряжение	Па
	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Главные напряжения	Па
Механические характеристики материалов	E	Модуль упругости (модуль Юнга)	Па
	G	Модуль сдвига	Па
	ν	Коэффициент Пуассона	—
	$\sigma_{пл}$	Предел пропорциональности	Па
	σ_T	Предел текучести	Па
	σ_B	Предел прочности (временное сопротивление)	Па
	R	Расчетное сопротивление материала	Па
Деформации	Δl	Изменение длины или абсолютная деформация	м
	ε	Относительная линейная деформация	—
Перемещения	θ	Угол поворота сечения	рад (радиан)
	δ, Δ	Перемещение точки (сечения)	м
	u	Перемещение точки по оси x	м
	v	Перемещение точки по оси y	м
	w	Перемещение точки по оси z	м

Программа теоретического курса «Сопротивление материалов», часть II

1. Перемещения сечений балок (прогиб и угол поворота). Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Метод непосредственного интегрирования.
2. Определение прогибов и углов поворота сечений методом начальных параметров.
3. Интеграл Максвелла-Мора. Определение прогибов и углов поворота сечений методом единичных нагрузок.
4. Расчет статически-неопределимых балок методом сравнения деформаций и методом сил.
5. Кручение стержней.
6. Расчет балок при косом изгибе – определение изгибающих моментов, положение нулевой линии, нормальных напряжений и перемещений сечений.
7. Совместное действие изгиба и растяжения/сжатия – построение эпюр внутренних усилий, определение положения нулевой линии и расчет напряжений.
8. Внецентренное действие продольной силы – определение напряжений и положения нулевой линии.
9. Построение ядра сечения.
10. Предельное состояние материала: I, II, III и IV теории прочности. Основные предпосылки и условия прочности.
11. Изгиб с кручением круглых валов – внутренние усилия, нормальные и касательные напряжения в поперечном сечении и напряженное состояние в опасных точках.
12. Условие прочности при изгибе с кручением круглых валов по III и IV теориям прочности. Расчетный момент и эквивалентное напряжение.
13. Устойчивость сжатых стержней. Формула Эйлера для определения критических сил с учетом различных способов закрепления концов стержня.
14. Пределы применимости формулы Эйлера. Критические напряжения по формулам Эйлера и Ясинского, диаграмма критических напряжений.
15. Практические расчеты сжатых стержней на устойчивость – условие устойчивости, определение допускаемых нагрузок и подбор размеров поперечного сечения стойки.
16. Продольно-поперечный изгиб балки.
17. Расчет кривого бруса.
18. Динамическое действие нагрузок. Виды динамических нагрузок. Расчет конструкций с учетом сил инерции.
19. Ударное действие нагрузок. Техническая теория удара. Удар падающего тела по упругой невесомой конструкции – схема расчета, динамический коэффициент и условие прочности.
20. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы – определение усилий, деформаций и напряжений.
22. Усталость металлов – циклическое нагружение, кривая усталости, предел выносливости.

23. Расчет на выносливость. Диаграмма предельных амплитуд материала и ее использование для определения коэффициентов запаса по выносливости.

1. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ БАЛОК

1.1. Определение перемещений методом непосредственного интегрирования

В учебнике [1] – глава 7, §§7.1-7.3; в пособии [4] – стр.78-83

Задача 1. На балку-консоль длиной l действуют: равномерно распределенная нагрузка q , сила $P = ql$ и сосредоточенный момент $m = ql^2$. Дано: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; расчетное сопротивление $R = 200$ МПа.

Требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
2. Из условия прочности по нормальным напряжениям подобрать сечение балки из прокатного двутавра.
3. Методом непосредственного интегрирования вычислить прогибы и углы поворота сечений А и В
4. Изобразить вид изогнутой оси балки, на котором отметить полученные значения перемещений.

Алфавит	$l, \text{ м}$	a/l	$q, \text{ кН/м}$
	1	2	3
<i>а б в</i>	2	0,3	2
<i>г д е ё</i>	3	0,4	4
<i>ж з и й</i>	4	0,5	6
<i>к л м</i>	5	0,6	8
<i>н о п</i>	2	0,7	2
<i>р с т</i>	3	0,3	4
<i>у ф х</i>	4	0,4	6
<i>ц ч ш щ</i>	5	0,5	8
<i>ъ ы ь</i>	2	0,6	2
<i>э ю я</i>	3	0,7	4

Варианты расчетных схем к задаче 1

1, 16		2, 17	
3, 18		4, 19	
5, 20		6, 21	
7, 22		8, 23	
9, 24		10, 25	
11, 26		12, 27	
13, 28		14, 29	
15, 30		31	

1.2. Определение перемещений методом начальных параметров

В учебнике [1], глава 7, §7.4; в пособии [3] – стр. 10-15; [4]– стр. 83-84

Задача 2. Балка на двух шарнирных опорах нагружена сосредоточенными силами, моментами и погонными распределенными нагрузками.
Дано: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 220$ МПа.

Требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
2. Из условия прочности по нормальным напряжениям подобрать сечение балки из прокатного двутавра.
3. Методом начальных параметров определить прогибы в сечениях B , D и углы поворота сечений A и C .
4. Изобразить вид изогнутой оси балки, отметив вычисленные значения прогибов и углов поворота.

Алфавит	m , кН·м	P , кН	q , кН/м	a , м
	1	2	3	4
<i>а б в</i>	6	24	5	0,5
<i>г д е ё</i>	8	22	6	0,6
<i>ж з и й</i>	10	20	7	0,7
<i>к л м</i>	12	18	8	0,8
<i>н о п</i>	14	16	9	1,0
<i>р с т</i>	16	14	10	1,2
<i>у ф х</i>	18	12	11	1,4
<i>ц ч ш щ</i>	20	10	12	1,5
<i>ъ ы ь</i>	22	8	14	1,4
<i>э ю я</i>	24	6	15	1,2

Варианты расчетных схем к задаче 2

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

1.3. Определение перемещений методом единичных нагрузок

В учебнике [1] – глава 7, §§ 7.5; в пособии [3] – стр. 6-9; [4]– стр. 86-89

Задачи 3, 4 и 5. Балка нагружена системой внешних нагрузок.

Дано:

- в задачах 3 и 4 изгибная жесткость балки постоянная и равна EJ_0 ;
- в задаче 5 изгибная жесткость разная (на одном участке равна EJ_0 , на втором – $EJ = k \cdot EJ_0$)

Требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов от заданных нагрузок.
2. Методом единичных нагрузок определить прогибы в сечениях A , B и углы поворота сечений C и D .
3. Показать примерный вид изогнутой оси балки, отметив вычисленные значения прогибов и углов поворота.

<i>Алфавит</i>	<i>a, м</i>	<i>m, кН·м</i>	<i>P₁, кН</i>	<i>P₂, кН</i>	<i>q, кН/м</i>	<i>J₀, см⁴</i>	<i>k = J/J₀</i>
	1	2	3	4	5	5	6
<i>a б в</i>	0,5	24	4	16	4	$2 \cdot 10^3$	1,5
<i>г д е ё</i>	0,6	22	6	14	5	$3 \cdot 10^3$	2,0
<i>ж з и й</i>	0,7	20	8	12	6	$4 \cdot 10^3$	2,5
<i>к л м</i>	0,8	18	10	10	7	$6 \cdot 10^3$	3,0
<i>н о п</i>	1,0	16	12	8	8	$7 \cdot 10^3$	3,5
<i>р с т</i>	1,2	14	14	7	4	$8 \cdot 10^3$	4,0
<i>у ф х</i>	1,4	12	16	6	5	$9 \cdot 10^3$	1,5
<i>ц ч ш щ</i>	1,5	10	20	5	6	$10 \cdot 10^3$	2,0
<i>ъ ы ь</i>	0,5	8	22	4	7	$11 \cdot 10^3$	2,5
<i>э ю я</i>	0,6	6	24	3	8	$12 \cdot 10^3$	3,0

Варианты расчетных схем к задаче 3

1, 16	2, 17	3, 18
4, 19	5, 20	6, 21
7, 22	8, 23	9, 24
10, 25	11, 26	12, 27
13, 28	14, 29	15, 30

Варианты расчетных схем к задаче 4

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

Варианты расчетных схем к задаче 5

1		2		3		4		5	
6		7		8		9		10	
11		12		13		14		15	
16		17		18		19		20	
21		22		23		24		25	
26		27		28		29		30	

2. СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ БАЛКИ

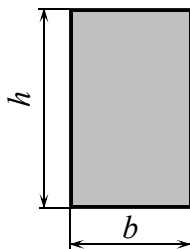
2.1. Расчет статически неопределимой балки методом сравнения деформаций

В учебнике [1] – глава 7 §7.7; в пособии [3] – стр. 15-19; [4]– стр. 89-91

Задача 6. Деревянная балка постоянной изгибной жесткости EJ закреплена с помощью жесткой заделки и шарнирной опоры. Дано: модуль упругости $E = 1 \cdot 10^4$ МПа, расчетное сопротивление $R = 10$ МПа.

Требуется:

1. Раскрыть статическую неопределимость системы:
 - а) определить степень статической неопределимости системы;
 - б) записать уравнение совместности деформаций (деформационное уравнение);
 - в) вычислить неизвестные опорные реакции.
2. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
3. Сделать деформационную проверку решения.
4. Определить размеры поперечного сечения балки, учитывая заданное соотношение высоты h и ширины b .



5. Вычислить прогиб и угол поворота сечения B .

Алфавит	q , кН/м	P , кН	m , кН·м	h/b	a , м
	1	2	3	4	5
<i>а б в</i>	8	24	6	1,2	1,5
<i>г д е ё</i>	7	20	24	1,4	1,4
<i>ж з и й</i>	6	16	8	1,5	1,2
<i>к л м</i>	5	12	22	1,6	1,0
<i>н о п</i>	4	8	10	1,8	0,8
<i>р с т</i>	8	10	20	1,9	0,6
<i>у ф х</i>	7	12	12	2,0	0,6
<i>ц ч ш щ</i>	6	14	18	1,8	0,8
<i>ъ ы ь</i>	5	16	16	1,6	1,0
<i>э ю я</i>	4	18	14	1,5	1,2

Варианты расчетных схем к задаче 6

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

2.2. Расчет статически неопределимой балки методом сил

В учебнике [1], глава 7, §7.7; в пособии [3] – стр. 20-24; [4]– стр. 86-91

Задачи 7 и 8. Для статически неопределимой балки постоянной жесткости даны: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 160$ МПа.

Требуется:

1. Раскрыть статическую неопределимость системы:
 - а) определить степень статической неопределимости системы;
 - б) выбрать основную систему;
 - в) записать каноническое уравнение метода сил и определить его коэффициенты;
 - г) вычислить неизвестные опорные реакции.
2. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
3. Сделать деформационную проверку решения.
4. Из условия прочности по нормальным напряжениям подобрать номер прокатного двутавра.
5. Вычислить прогиб сечения A или угол поворота сечения B .

Алфавит	a , м	q , кН/м	P , кН	m , кН·м
	1	2	3	4
$a \bar{b} \bar{v}$	1,5	5	24	6
$\bar{c} \bar{d} \bar{e} \bar{e}$	1,4	8	20	24
$\bar{ж} \bar{з} \bar{и} \bar{й}$	1,2	10	16	8
$\bar{к} \bar{л} \bar{м}$	1,0	12	12	22
$\bar{н} \bar{о} \bar{п}$	0,8	10	8	10
$\bar{р} \bar{с} \bar{т}$	0,6	8	10	20
$\bar{у} \bar{\phi} \bar{x}$	0,7	5	12	12
$\bar{ц} \bar{ч} \bar{ш} \bar{щ}$	0,8	6	14	18
$\bar{ъ} \bar{ы} \bar{ь}$	1,0	8	16	14
$\bar{э} \bar{ю} \bar{я}$	1,2	10	18	16

Варианты расчетных схем к задаче 7

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30

Варианты расчетных схем к задаче 8

1, 16	2, 17
3, 18	4, 19
5, 20	6, 21
7, 22	8, 23
9, 24	10, 25
11, 26	12, 27
13, 28	14, 29
15, 30	31

3. КРУЧЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

3.1. Расчет вала на прочность и жесткость

В учебнике [1], глава 8, §§ 8.1 – 8.3; в пособии [2] – стр. 62-66; [4]– стр. 55-60

Задача. 9. Стальной вал постоянной жесткости нагружен сосредоточенными моментами. Дано: допускаемое напряжение на срез $[\tau] = 90$ МПа, допускаемый относительный угол закручивания $[\theta] = 0,4$ град/м, модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^4$ МПа.

Требуется:

1. Определить крутящие моменты на участках вала и построить эпюру.
2. Из условий прочности и жесткости определить диаметр поперечного сечения вала.
3. Вычислить углы закручивания по участкам вала и построить эпюру φ .
4. В опасном сечении вычислить максимальные касательные напряжения.

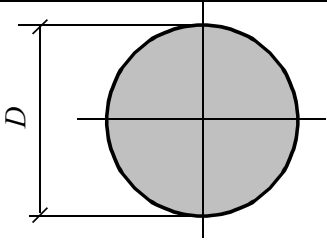
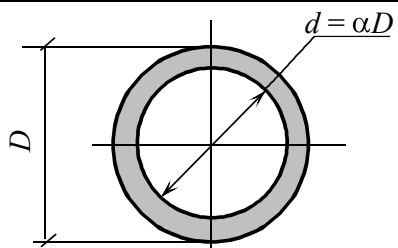
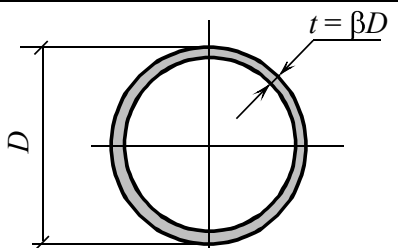
Алфавит	Тип сечения	m_1 , Н·м	m_2 , Н·м	m_3 , Н·м	l_1 , см	l_2 , см	l_3 , см	α	β
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>а б в</i>	I	1000*	500	200*	25	100	40	0,2	0,01
<i>г д е ё</i>	II	1400	480*	250	30	95	45	0,25	0,02
<i>ж з и й</i>	III	1300*	450	300*	35	90	50	0,30	0,03
<i>к л м</i>	I	1200	400*	350	40	85	55	0,35	0,04
<i>н о п</i>	II	1100*	350	400*	45	80	60	0,40	0,05
<i>р с т</i>	III	1000	300*	450	50	75	65	0,45	0,06
<i>у ф х</i>	I	900*	250	500*	55	70	70	0,50	0,07
<i>ц ч ш щ</i>	II	800	300	550	60	65	75	0,55	0,06
<i>ъ ы ь</i>	III	700*	350*	600*	65	60	70	0,60	0,05
<i>э ю я</i>	I	750	400	650	70	55	65	0,65	0,04

Примечание: 1) знак (*) в таблице означает, что направление момента в расчетной схеме необходимо изменить на противоположное;

2) момент m_4 определить из условий равновесия вала.

Варианты расчетных схем к задаче 9

1, 30		2, 29	
3, 28		4, 27	
5, 26		6, 25	
7, 24		8, 23	
9, 22		10, 21	
11, 20		12, 19	
13, 18		14, 17	
15, 16			

Типы сечений к задаче 9		
I <i>Сплошной вал</i>	II <i>Толстостенная труба</i>	III <i>Тонкостенная труба</i>
		
Расчетные формулы полярных моментов инерции и моментов сопротивления		
$J_p = \frac{\pi D^4}{32},$ $W_p = \frac{\pi D^3}{16}$	$J_p = \frac{\pi D^4}{32} (1 - \alpha^4),$ $W_p = \frac{\pi D^3}{16} (1 - \alpha^4)$	$J_p = \frac{\pi D^3 t}{4},$ $W_p = \frac{\pi D^2 t}{2}$

3.2. Расчет кулачкового вала (распредвала)

В учебнике [1], глава 8, §§ 8.1 – 8.3; в пособии [2] – стр. 62-66; [4]– стр. 55-60

Задача 10. Полый стальной вал, имеющий четыре кулачка, нагружен сосредоточенными силами F_1 , F_2 и F_3 . Дано: модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^4$ МПа.

Требуется:

1. Построить эпюры крутящих моментов для вала.
2. Определить допускаемое касательное напряжение $[\tau] = 0,3\sigma_B$.
3. Из условия прочности на кручение, определить величину наружного D и внутреннего d диаметров вала.
4. Определить угол поворота каждого кулачка.
5. Построить эпюру углов закручивания по длине вала.

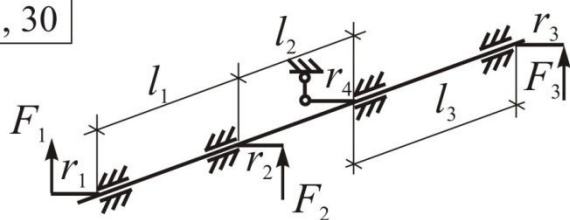
Алфавит	F_1 , кН	F_2 , кН	F_3 , кН	r_1 , мм	r_2 , мм	r_3 , мм	r_4 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	$\alpha=d/D$	σ_B , МПа
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
а б в	20	10	20	20	20	20	20	400	300	200	0,50	550
г д е ё	24	12	24	24	24	24	24	420	320	220	0,55	600
ж з и й	25	14	25	25	25	25	25	440	340	240	0,60	650
к л м	28	15	28	28	28	28	28	460	360	250	0,65	700
н о п	30	18	30	30	30	30	30	500	400	260	0,70	750
р с т	32	20	35	35	35	35	35	520	420	280	0,75	800
у ф х	34	22	38	38	38	38	38	540	440	300	0,80	850
ц ч ш щ	35	24	40	40	40	40	40	550	450	320	0,85	900
ъ ы ь	38	25	45	35	35	35	35	580	480	340	0,88	950
э ю я	40	27	50	50	50	50	50	600	500	350	0,90	1000

Примечания: 1) опоры вала, расположенны около кулачков и исключают его изгиб;

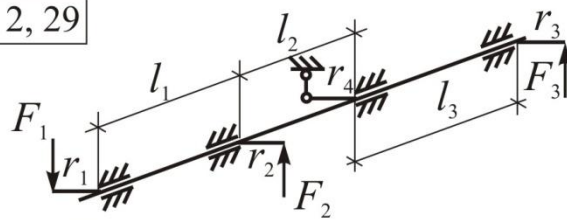
2) при расчете на изгиб кулачек следует представить в виде жестко защемленной консольной балки.

Варианты расчетных схем для задачи 10

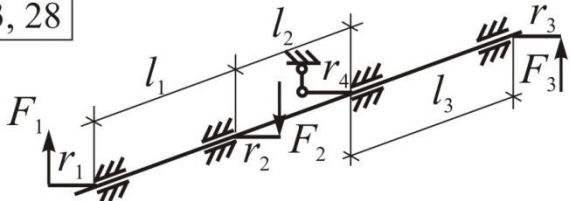
1, 30



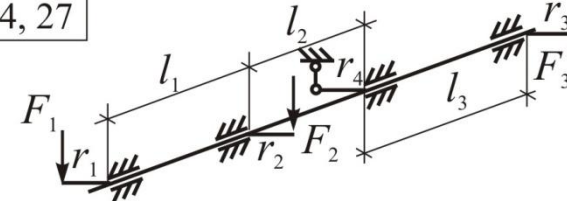
2, 29



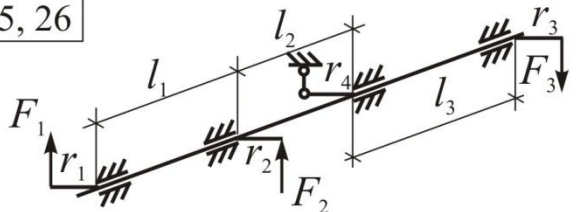
3, 28



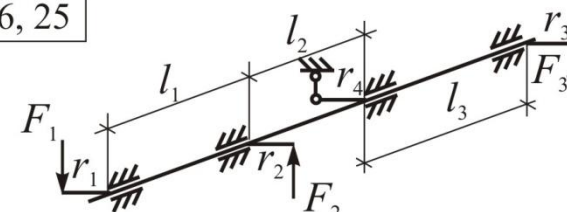
4, 27



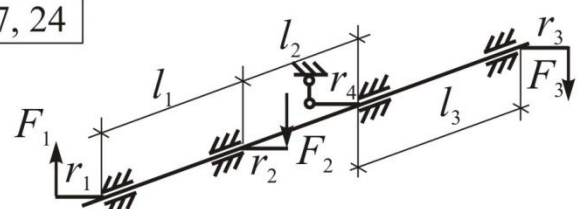
5, 26



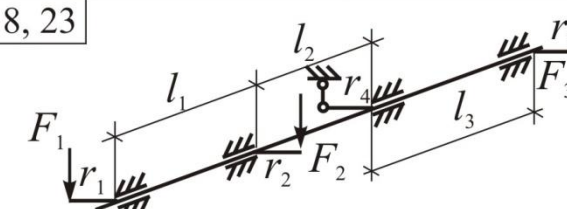
6, 25



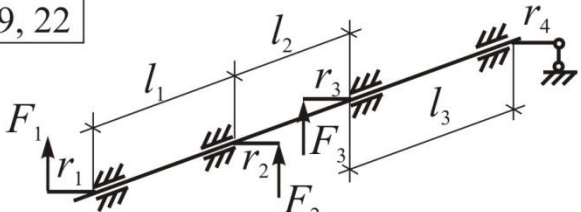
7, 24



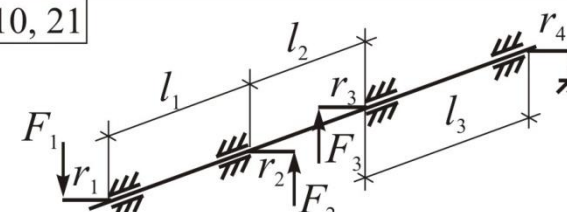
8, 23



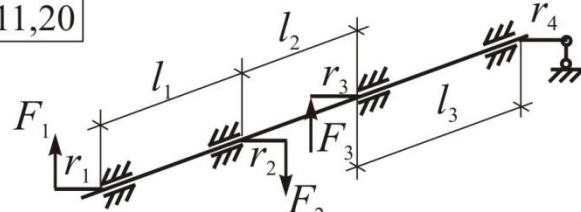
9, 22



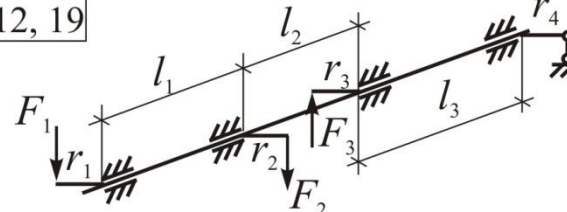
10, 21



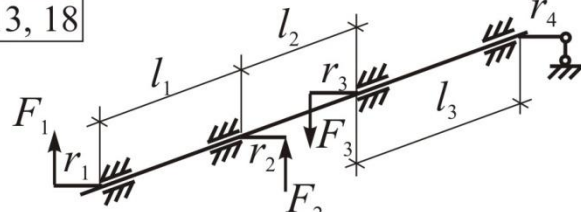
11, 20



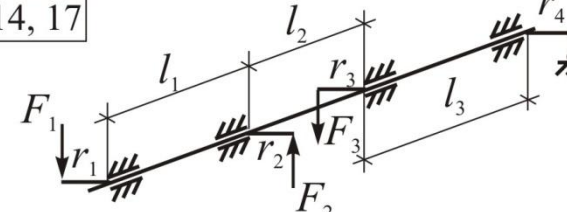
12, 19



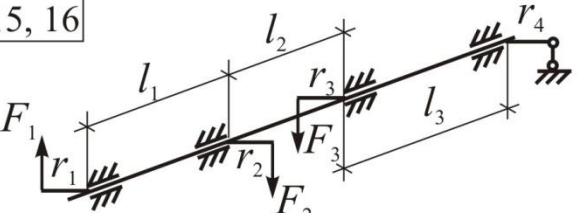
13, 18



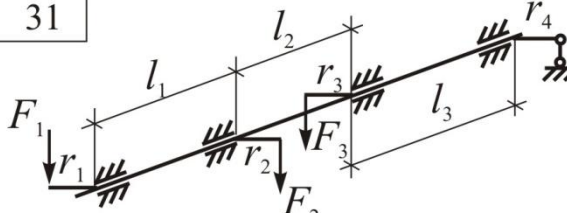
14, 17



15, 16



31



4. КОСОЙ ИЗГИБ БАЛКИ

4.1. Расчет балки-консоли на косоу изгиб

В учебнике [1], глава 10, §10.1; в пособии [3] – стр. 25-30; [4]– стр. 92-97

Задача 11. Стальная консольная балка нагружена внешними нагрузками, действующими в разных плоскостях. Дано: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Требуется:

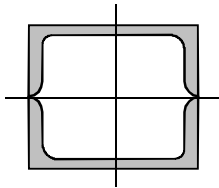
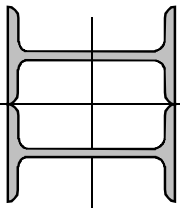
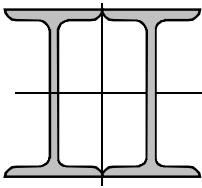
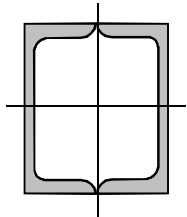
1. Построить эпюры изгибающих моментов M_z и M_y от нагрузок, действующих в главных плоскостях балки.
2. Изобразить в масштабе сечение балки и определить его моменты инерции относительно главных центральных осей.
3. В опасном сечении определить положение нулевой линии и построить эпюру нормальных напряжений
4. Определить полное перемещение свободного конца консоли.

Алфавит	φ , град	P_1 , кН	P_2 , кН	q , кН/м	m , кН·м	a , м	b , м	Тип сечения	Номер двутавра	Номер швеллера
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а б в	20	8*	10	2	2	0,4	0,9	1	22	22
г д е ё	25	8,5	12*	2,5	3*	0,5	0,8	2	22а	24
ж з и й	30	9*	14	3	4	0,6	0,7	3	24	27
к л м	35	9,5	16*	3,5	5*	0,7	0,6	4	24а	30
н о п	40	10*	18	4	6	0,8	0,5	1	27	33
р с т	45	8	10*	2	2*	0,4	0,8	2	22	22
у ф х	50	8,5*	12	2,5	3	0,5	0,7	3	22а	24
ц ч ш щ	55	9	14*	3	4*	0,6	0,6	4	24	27
ъ ы ь	60	9,5*	16	3,5	5	0,7	0,5	1	24а	30
э ю я	65	10	18*	4	6*	0,8	0,4	2	27	33

Примечания: 1) Знак (*) означает, что нужно изменить направление нагрузки на противоположное;

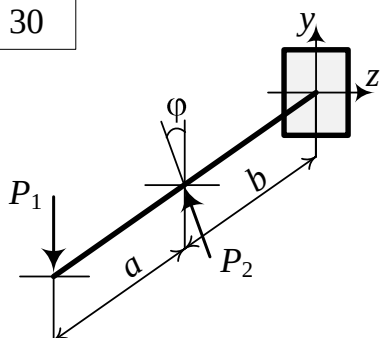
2) Все силы перпендикулярны продольной оси балки.

Типы сечений к задаче 11

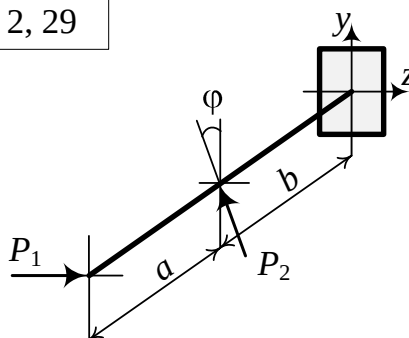
1	2	3	4
Два швеллера	Два двутавра	Два двутавра	Два швеллера
			

Варианты расчетных схем к задаче 11

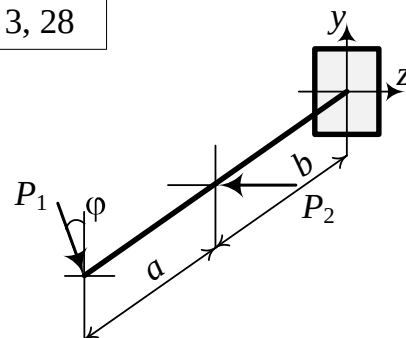
1, 30



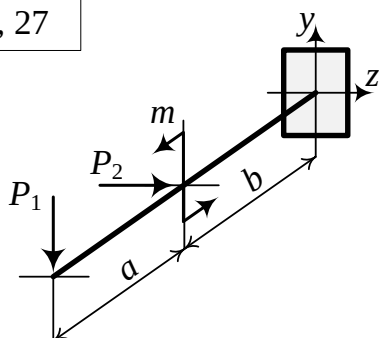
2, 29



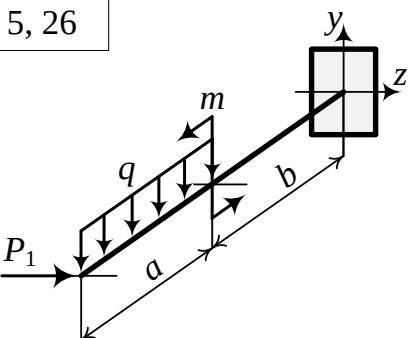
3, 28



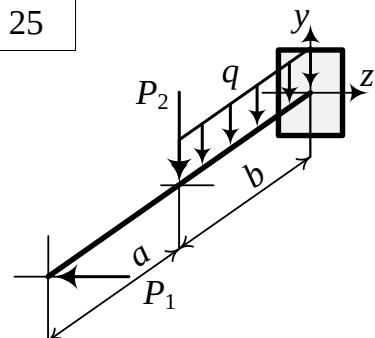
4, 27



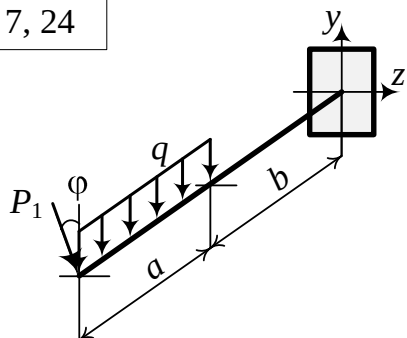
5, 26



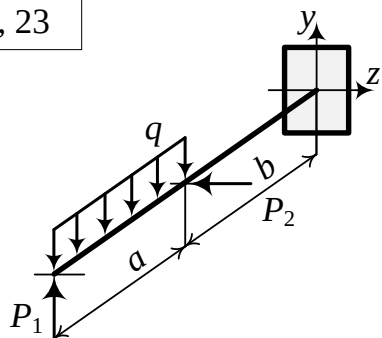
6, 25



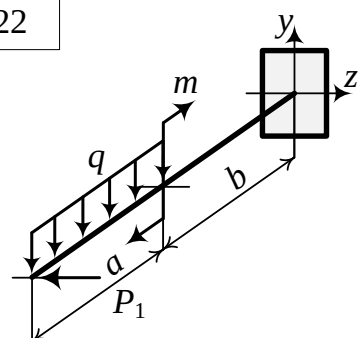
7, 24



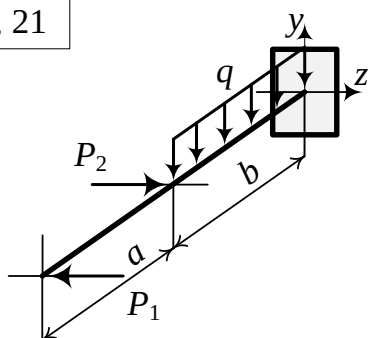
8, 23



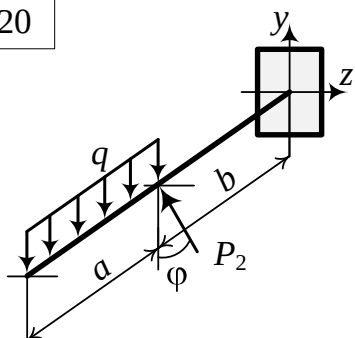
9, 22



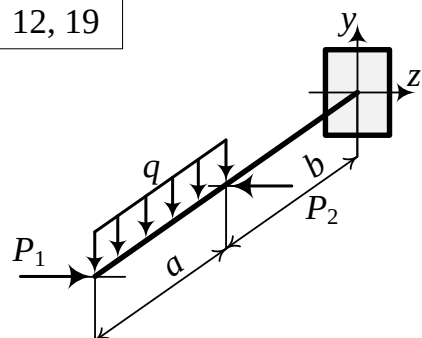
10, 21



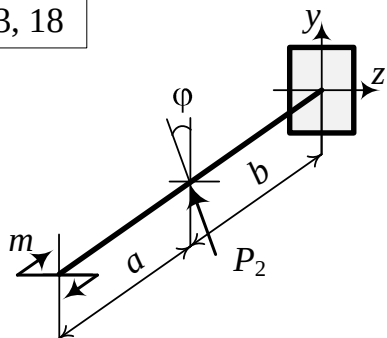
11, 20



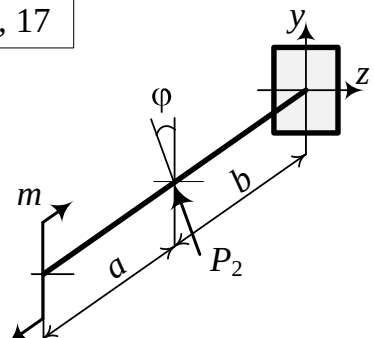
12, 19



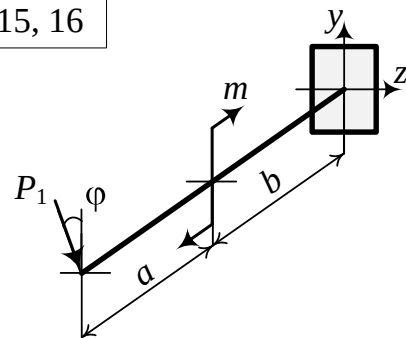
13, 18



14, 17



15, 16



4.2. Расчет балки на прочность при косом изгибе

В учебнике [1] – глава 10, §10.1; в пособии [3] – стр. 30-37; [4]– стр. 92-97

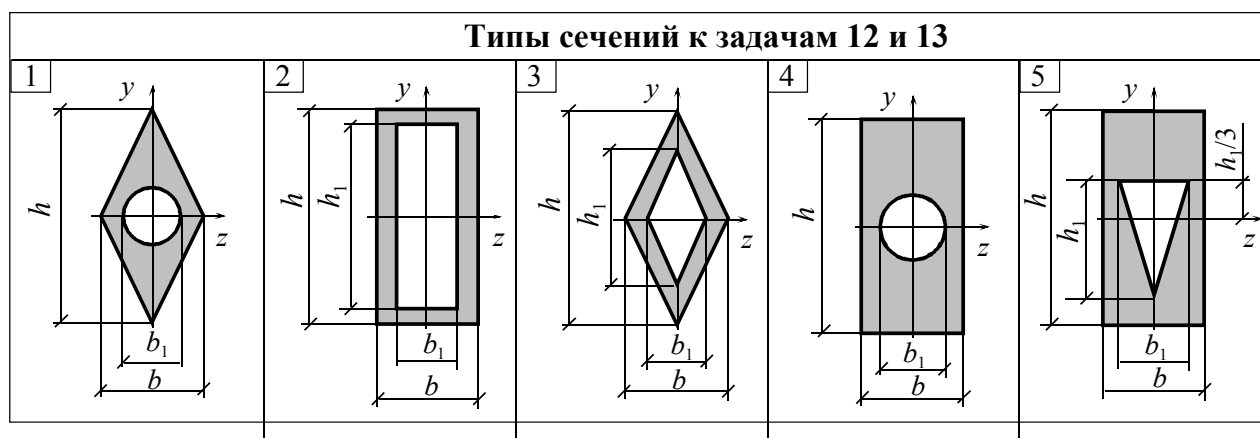
Задачи 12 и 13. На стальную балку приложены нагрузки, перпендикулярные продольной оси и расположенные в разных плоскостях.

Дано: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа: расчетное сопротивление $R = 210$ МПа.

Требуется:

1. Построить эпюры изгибающих моментов от нагрузок, действующих в главных плоскостях балки.
2. Изобразить сечение балки в масштабе и определить его главные центральные моменты инерции.
3. В опасном сечении определить положение нулевой линии и построить эпюру нормальных напряжений.
4. Из условия прочности подобрать сечение из прокатного двутавра.
5. Для двутавровой балки определить полное перемещение сечения C .

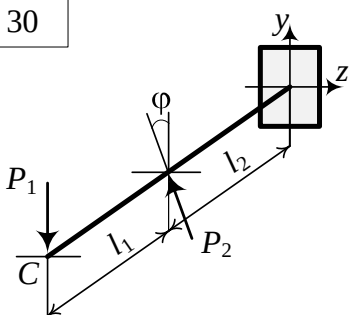
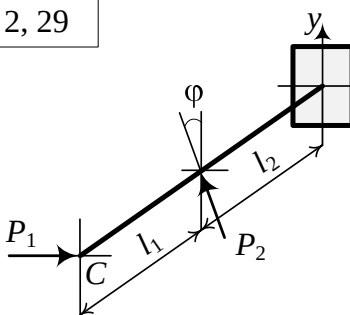
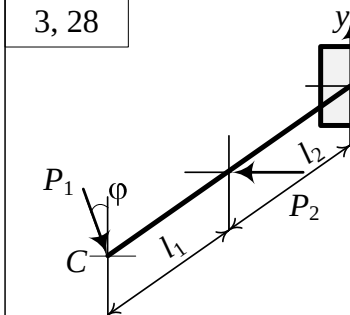
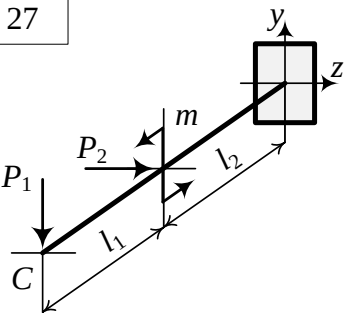
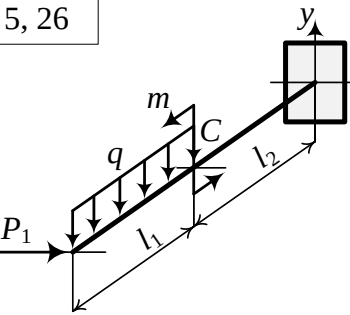
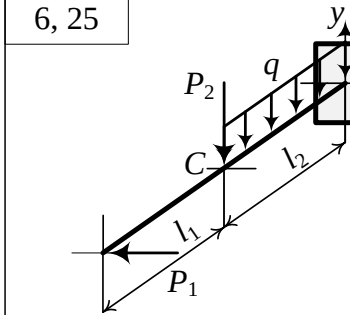
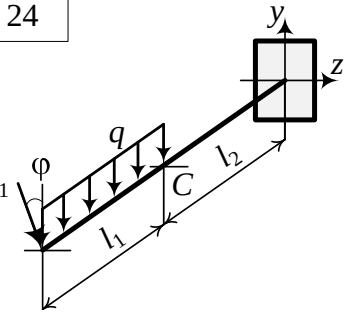
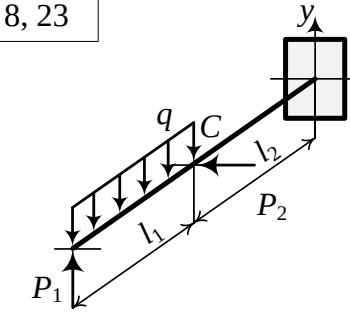
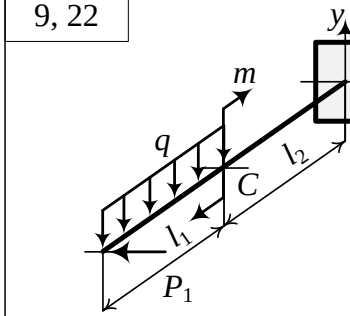
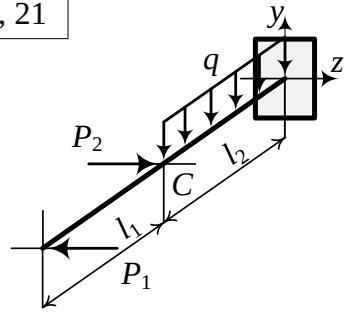
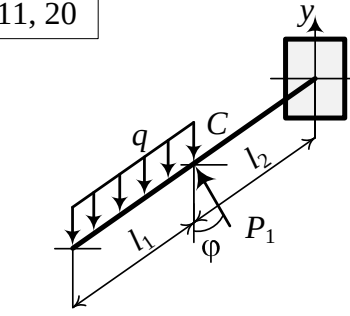
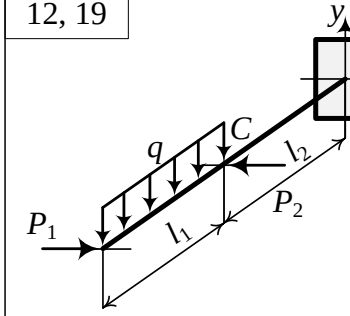
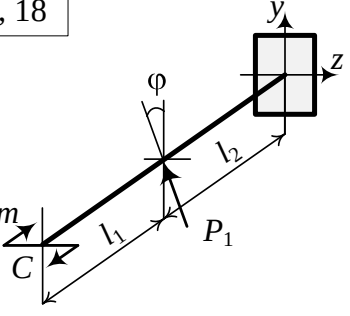
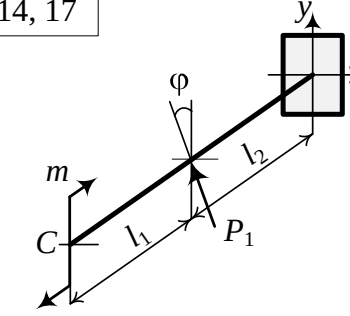
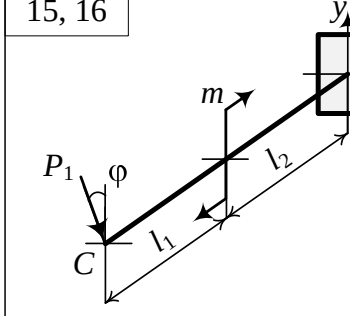
Алфавит	φ , град	P_1 , кН	P_2 , кН	m , кН·м	q , кН/м	l_1 , м	l_2 , м	h , см	h_1 , см	b , см	b_1 , см	Тип сечения
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
а б в	20	4	10	8	10	1,0	1,0	30	20	18	12	1
г д е ё	30	6	8	10	8	1,2	1,2	32	18	20	10	2
ж з и й	40	8	6	12	6	1,4	1,4	35	16	22	8	3
к л м	45	10	4	14	5	1,6	1,6	36	14	24	12	4
н о п	20	4	10	16	10	1,0	1,0	38	12	26	10	5
р с т	30	6	8	18	8	1,2	1,2	40	20	18	8	1
у ф х	40	8	6	20	6	1,4	1,4	35	18	20	12	2
ц ч ш щ	45	10	4	18	5	1,5	1,5	36	16	22	10	3
ъ ы ь	20	4	10	16	10	1,4	1,4	38	14	24	8	4
э ю я	30	6	8	14	8	1,2	1,2	40	12	26	12	5



Варианты расчетных схем к задаче 12

1, 30		2, 29		3, 28	
4, 27		5, 26		6, 25	
7, 24		8, 23		9, 22	
10, 21		11, 20		12, 19	
13, 18		14, 17		15, 16	

Варианты расчетных схем к задаче 13

1, 30		2, 29		3, 28	
4, 27		5, 26		6, 25	
7, 24		8, 23		9, 22	
10, 21		11, 20		12, 19	
13, 18		14, 17		15, 16	

5. СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ИЗГИБА И РАСТЯЖЕНИЕ/СЖАТИЯ

5.1. Расчет колонны на совместное действие изгиба и растяжения/сжатия

В учебнике [1] – глава 10, §10.2; в пособии [3] – стр. 38-42; [4]– стр. 97-98

Задачи 14 и 15. Колонна постоянного поперечного сечения нагружена сосредоточенными силами. Дано: расчетное сопротивление на растяжение 2 МПа и расчетное сопротивление на сжатие 10 МПа.

Требуется:

Для задачи 14

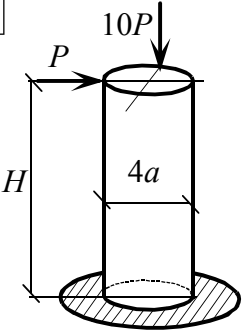
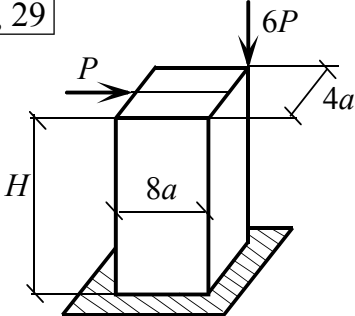
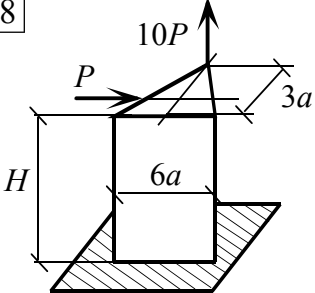
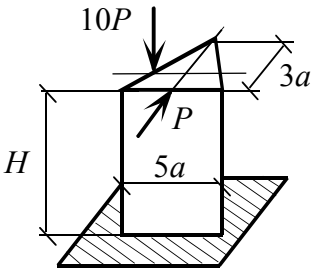
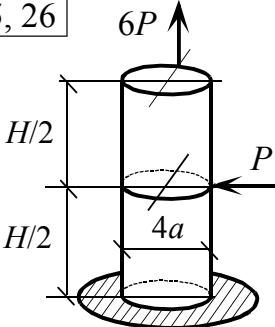
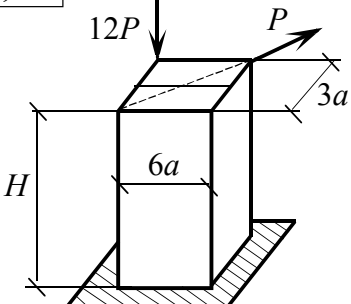
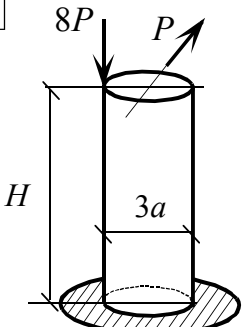
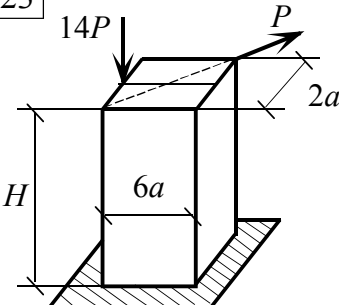
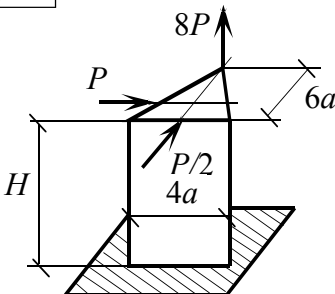
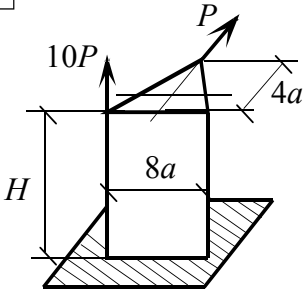
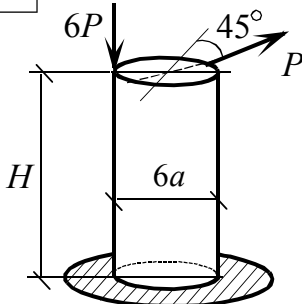
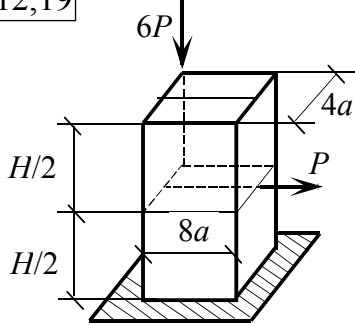
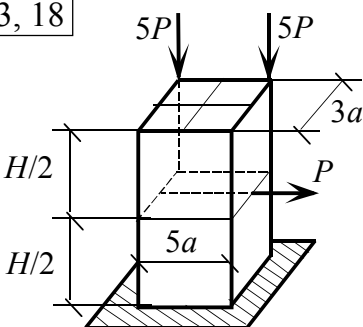
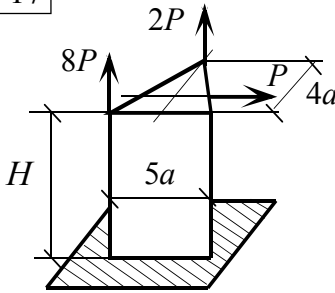
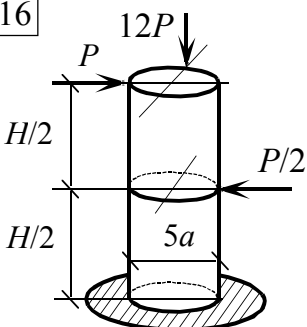
1. Составить расчетную схему колонны.
2. От заданных сил построить эпюры продольных сил и изгибающих моментов.
3. В нижнем сечении колонны:
 - а) определить положение нулевой линии;
 - б) построить эпюру нормальных напряжений.

Для задачи 15

1. Составить расчетную схему колонны.
2. Построить эпюры продольных сил и изгибающих моментов, выразив их значения через параметр внешней нагрузки P .
3. Из условия прочности, учитывая разное сопротивление материала растяжению и сжатию, определить допустимое значение нагрузки.
4. В опасном сечении колонны определить положение нулевой линии и построить эпюру нормальных напряжений.

Алфавит	P , кН (для задачи 14)	a , см	H , см
	1	2	3
<i>а б в</i>	30	10	200
<i>г д е ё</i>	32	11	220
<i>ж з и й</i>	34	12	240
<i>к л м</i>	36	13	260
<i>н о п</i>	38	14	280
<i>р с т</i>	40	10	300
<i>у ф х</i>	42	11	320
<i>ц ч ш щ</i>	44	12	340
<i>ъ ы ь</i>	46	13	360
<i>э ю я</i>	48	14	380

Варианты расчетных схем к задачам 14 и 15

1, 30		2, 29		3, 28	
4, 27		5, 26		6, 25	
7, 24		8, 23		9, 22	
10, 21		11, 20		12, 19	
13, 18		14, 17		15, 16	

5.2. Расчет колонны на совместное действие изгиба и растяжения/сжатия с учетом собственного веса

В учебнике [1] – глава 10, § 10.2; в пособии [3] – стр. 38-42; [4]– стр. 95-97

Задача 16. На бетонную колонну действуют: вертикальная сила P_1 и направленные вдоль оси z сила P_2 и распределенная нагрузка q .
Дано: удельный вес материала $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$.

Требуется:

1. Изобразить расчетную схему колонны в аксанометрии.
2. С учетом собственного веса колонны построить эпюры изгибающих моментов и продольных сил.
3. В нижнем сечении колонны:
 - а) определить положение нулевой линии;
 - б) построить эпюру нормальных напряжений.

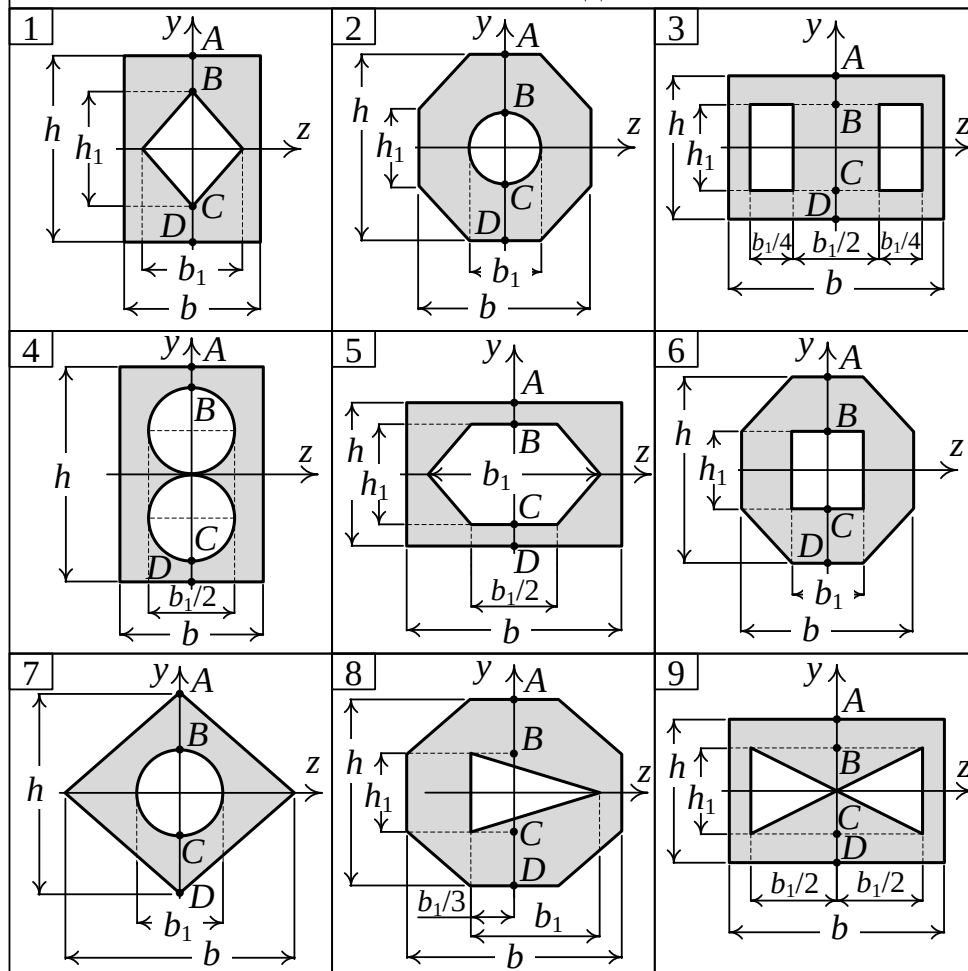
Алфавит	Точка приложения силы P_1	Тип сечения	P_1 , кН	P_2 , кН	q , кН/м	H , м	h , м	b , м	h_1 , м	b_1 , м
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>а б в</i>	<i>D</i>	9	50	10	8	3	1,4	1,2	0,7	0,5
<i>г д е ё</i>	<i>A</i>	1	60	12*	7	3,2	1,3	1,1	0,6	0,4
<i>ж з и й</i>	<i>C</i>	8	70	14	6	3,4	1,2	1,0	0,5	0,3
<i>к л м</i>	<i>B</i>	2	80	16*	5	3,5	1,0	0,9	0,4	0,2
<i>н о п</i>	<i>D</i>	7	90	18	4	3,6	1,4	0,8	0,3	0,5
<i>р с т</i>	<i>A</i>	3	100	10*	8	3,8	1,2	0,7	0,7	0,4
<i>у ф х</i>	<i>B</i>	6	110	12	9	4,0	1,1	1,0	0,6	0,3
<i>ц ч ш щ</i>	<i>C</i>	4	120	14*	10	3,9	1,0	1,1	0,5	0,2
<i>ъ ы ь</i>	<i>D</i>	5	130	16	12	3,7	1,3	1,2	0,4	0,4
<i>э ю я</i>	<i>C</i>	9	140	18*	14	3,5	1,2	1,3	0,3	0,3

Примечание: знак (*) означает, что нужно изменить направление нагрузки на противоположное.

Варианты расчетных схем к задаче 16

1, 30	2, 29	3, 28
4, 27	5, 26	6, 25
7, 24	8, 23	9, 22
10, 21	11, 20	12, 19
13, 18	14, 17	15, 16

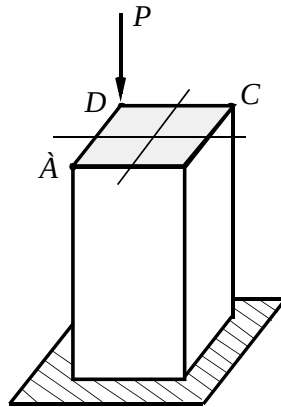
Типы сечений к задаче 16



5.3. Расчет колонны на внецентренное сжатие

В учебнике [1] – глава 10, § 10.2; в пособии [3] – стр. 43-48; [4]– стр. 99-102

Задачи 17 и 18. Колонна сжимается силой P , приложенной внецентренно.



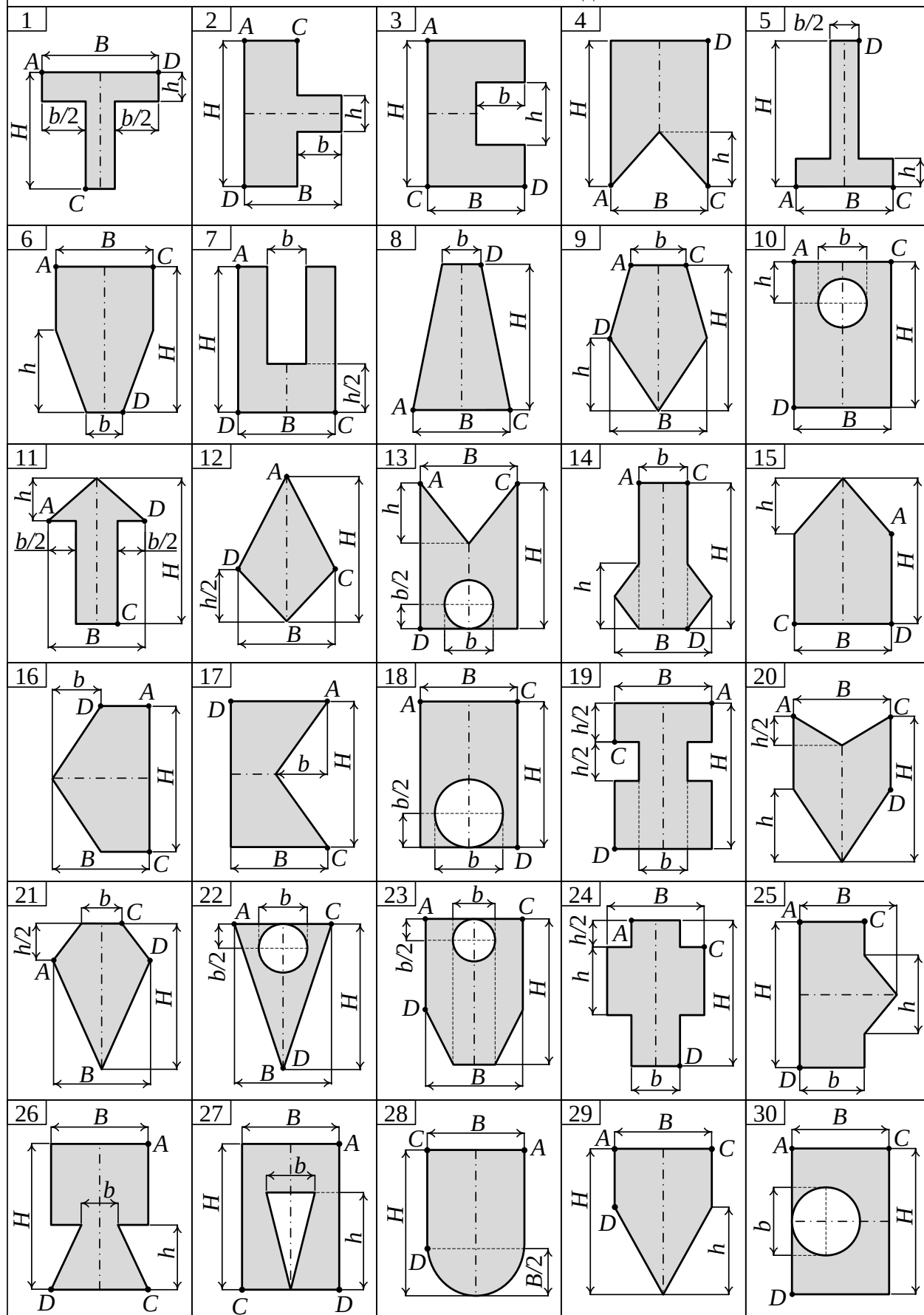
Требуется:

1. Определить положение главных центральных осей, главные моменты и радиусы инерции поперечного сечения колонны.
2. В поперечном сечении колонны:
 - а) определить положение нулевой линии;
 - б) построить эпюру нормальных напряжений.
4. Построить ядро сечения.

Алфавит	Точка приложения силы P	P , кН	H , см	h , см	B , см	b , см
	1	2	3	4	5	6
<i>а б в</i>	<i>A</i>	100	180	40	90	40
<i>г д е ё</i>	<i>C</i>	150	160	44	94	45
<i>ж з и й</i>	<i>D</i>	200	140	48	98	50
<i>к л м</i>	<i>A</i>	250	120	52	100	48
<i>н о п</i>	<i>C</i>	300	100	54	104	44
<i>р с т</i>	<i>D</i>	350	180	60	102	40
<i>у ф х</i>	<i>A</i>	330	160	50	100	38
<i>ц ч ш щ</i>	<i>C</i>	290	140	40	96	34
<i>ъ ы ь</i>	<i>D</i>	240	120	54	92	30
<i>э ю я</i>	<i>A</i>	200	130	60	90	50

Примечание: собственный вес колонны не учитывать.

Типы сечений колонны к задаче 17



Типы сечений колонны к задаче 18

1, 16		2, 17		3, 18	
4, 19		5, 20		6, 21	
7, 22		8, 23		9, 24	
10, 25		11, 26		12, 27	
13, 28		14, 29		15, 30	

5.3. Расчет кривого бруса

В пособии [5]– стр. 67-76

Задача 19. Дан стержень, ось которого является дугой окружности радиусом R_0 .

Требуется:

1. Построить эпюры изгибающих моментов, продольных и поперечных сил.

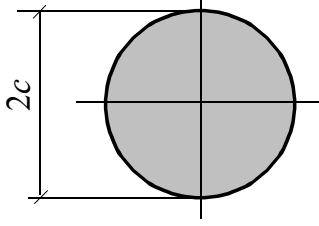
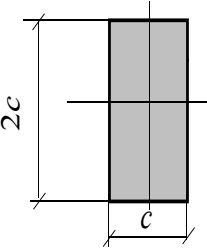
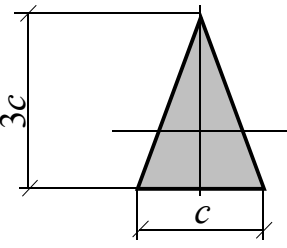
2. В сечении, где изгибающий момент достигает максимального значения:

а) определить положение нулевой линии, используя точный и приближенный способ вычислений (формулы представлены в приложении Г);

б) построить эпюры нормальных напряжений отдельно от действия продольной силы и изгибающего момента, а также эпюру напряжений от совместного действия этих усилий.

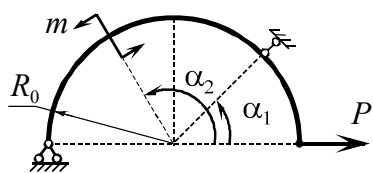
Алфавит	R_0 , см	Тип сечения	P , кН	m , кН·м	α_1 , град	α_2 , град	c , см
	1	2	3	4	5	5	6
<i>а б в</i>	30	1	15	16*	60	120	16
<i>г д е ё</i>	32	2	25*	20	45	90	15
<i>ж з и й</i>	34	3	30	22*	30	135	14
<i>к л м</i>	36	1	35*	24	150	150	13
<i>н о п</i>	38	2	16	28*	135	30	12
<i>р с т</i>	40	3	20*	30	120	45	13
<i>у ф х</i>	42	1	24	32*	90	60	14
<i>ц ч ш щ</i>	44	2	28*	34	60	90	15
<i>ъ ы ь</i>	46	3	32	36*	45	120	18
<i>э ю я</i>	48	1	38*	15	90	135	20

Примечание: знак (*) означает, что нужно изменить направление нагрузки на противоположное

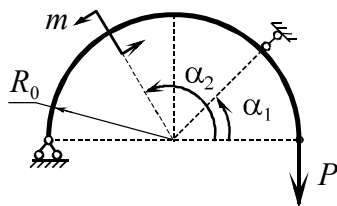
Типы сечений к задаче 19		
1	2	3
		

Варианты расчетных схем к задаче 19

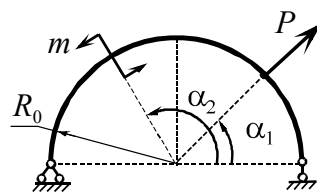
1, 30



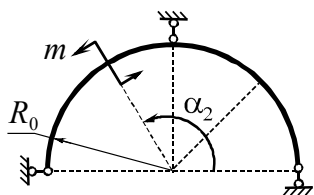
2, 29



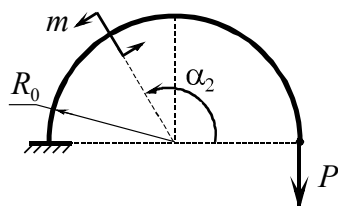
3, 28



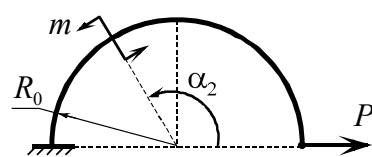
4, 27



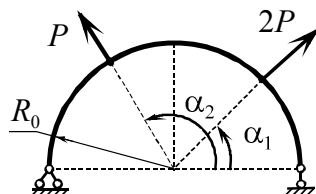
5, 26



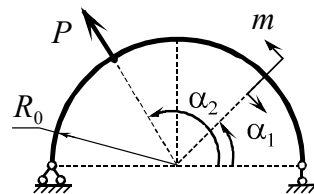
6, 25



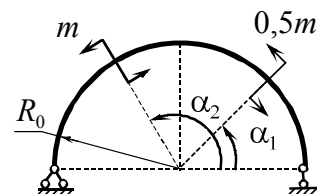
7, 24



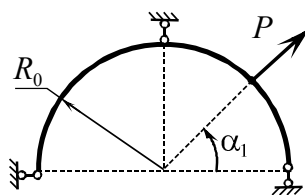
8, 23



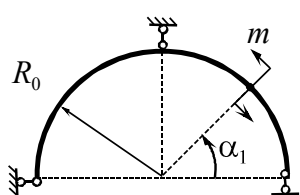
9, 22



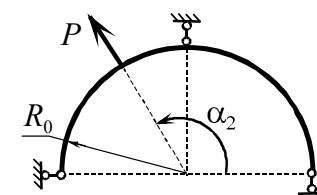
10, 21



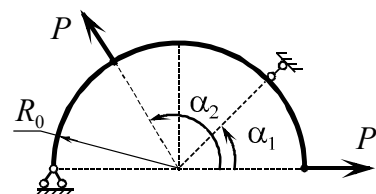
11, 20



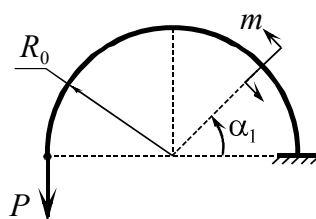
12, 19



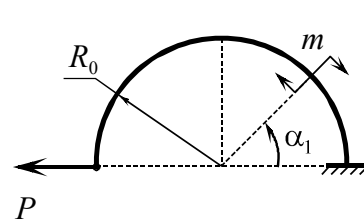
13, 18



14, 17



15, 16



6. ИЗГИБ С КРУЧЕНИЕМ

6.1. Расчет промежуточного вала механизма

В учебнике [1] – глава 10, §10.4; в пособии [3] – стр. 49-53; [4]– стр. 102,103;
[5]– стр. 52-58

Задача 20. Дан механизм, в состав которого входит промежуточный вал, приводимый в движение ременной или зубчатой передачами. Материал вала – сталь 40ХН с расчетным сопротивлением $R = 400$ МПа; мощность двигателя N ; частота вращения ротора – n ; передаточное число от двигателя к валу – i ; диаметры шкива ременной передачи и шестерен – D_1 и D_2 .

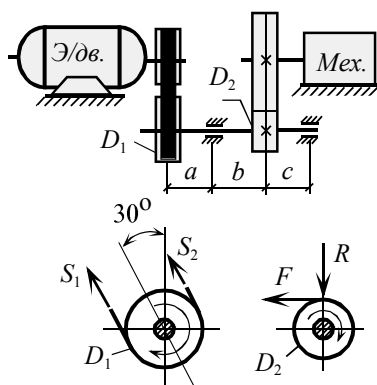
Требуется:

- Составить расчетную схему промежуточного вала, для чего определить:
 - момент, передающийся на вал от двигателя;
 - окружную F и радиальную R силы, действующие на шестерни, считая $R = 0,3F$;
 - усилия S_1 и S_2 в набегающей и сбегающей ветвях ременной передачи, учитывая, что $S_1 = 2S_2$;
- Построить эпюры изгибающих моментов и эпюру крутящих моментов.
- Определить для опасных сечений суммарный изгибающий момент и по III-й теории прочности подобрать диаметр вала.

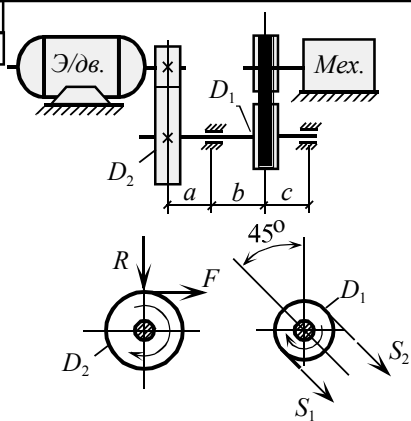
Алфавит	Длина участков			N , кВт	n , об/мин	D_1 , мм	D_2 , мм	i
	a , см	b , см	c , см					
	1	2	3					
<i>а б в</i>	8	12	6	5	900	150	60	2,5
<i>г д е ё</i>	9	11	7	6	1000	160	70	3
<i>ж з и й</i>	10	10	8	7	630	170	75	2
<i>к л м</i>	11	9	9	8	910	180	90	2,5
<i>н о п</i>	12	8	10	9	570	190	100	1,5
<i>р с т</i>	6	7	11	10	830	200	110	2
<i>у ф х</i>	8	6	12	11	510	210	120	2,5
<i>ц ч ш щ</i>	9	12	11	12	575	220	130	3
<i>ъ ы ь</i>	10	11	10	14	630	230	150	3,5
<i>э ю я</i>	11	10	9	15	575	240	100	1,5

Варианты расчетных схем к задаче 20

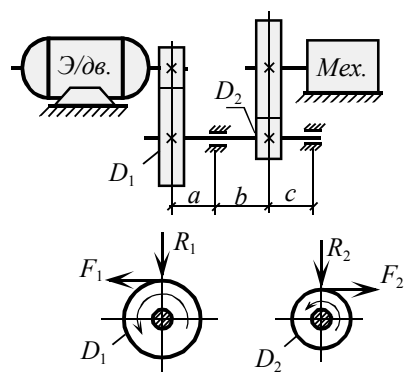
1, 30
3, 28



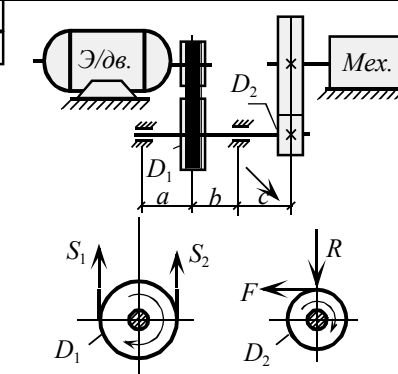
2, 29
4, 27



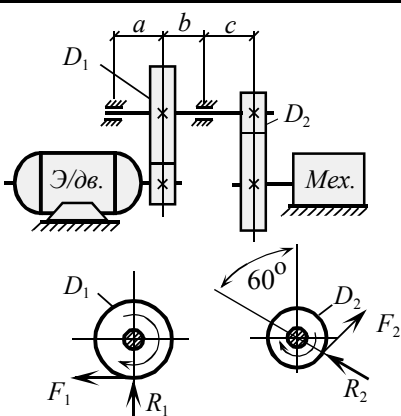
5, 26
7, 24



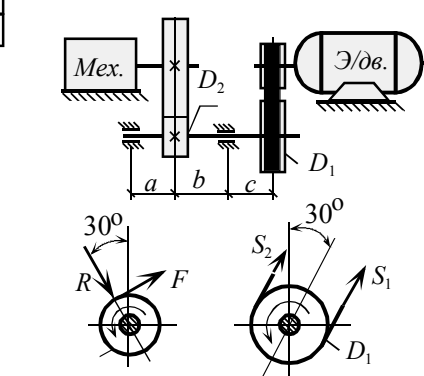
6, 25
8, 23



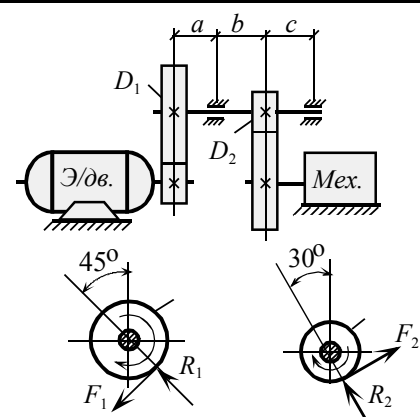
9, 22
11, 20



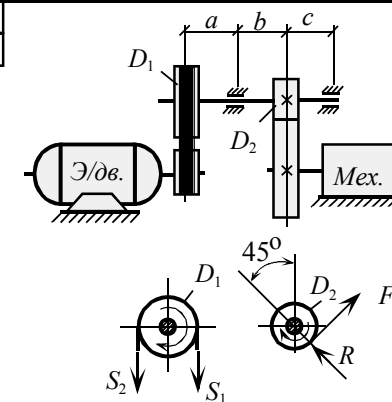
10, 21
12, 19



13, 18
15



14, 17
16



6.2. Расчет стержня с пространственной осью

В пособии [3] – стр. 54-58; [4]– стр. 102,103

Задачи 21 и 22. Стержень круглого поперечного сечения с пространственной осью нагружен сосредоточенными силой и моментом. Дано: модуль упругости материала $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, расчетное сопротивление $R = 240$ МПа.

Требуется:

1. Построить эпюры продольных и поперечных сил изгибающих и крутящих моментов.
2. На участке a :
 - по IV-ой теории прочности определить диаметр стержня, пренебрегая влиянием продольной силы;
 - в опасных точках определить главные напряжения σ_1 и σ_3 ;
 - определить $\sigma_{\text{экв, max}}$.

Алфавит	a , м	b , м	c , м	P , кН	m , кН·м
	1	2	3	4	5
$a \ b \ в$	1,0	1,0	1,8	3,0	8*
$г \ д \ е \ ё$	1,2	1,2	1,0	2,5*	9
$ж \ з \ и \ й$	1,4	1,4	1,7	4,0	10*
$к \ л \ м$	1,6	1,6	1,1	4,5*	11
$н \ о \ п$	1,8	1,8	1,6	5,0	12*
$р \ с \ т$	1,7	1,7	1,2	5,5*	13
$у \ ф \ х$	1,5	1,5	1,5	6,0	14*
$ц \ ч \ ш \ щ$	1,3	1,3	1,3	6,5*	15
$ъ \ ы \ ь$	1,1	1,1	1,1	7,0	16*
$э \ ю \ я$	0,9	1,0	1,0	7,5*	17

Примечание: 1) знак (*) означает, что нужно изменить направление нагрузки на противоположное; по IV теории прочности $\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_3 + \sigma_3^2}$

Варианты расчетных схем к задаче 21				
①	②	③	④	⑤
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
㉑	㉒	㉓	㉔	㉕
㉖	㉗	㉘	㉙	㉚

Варианты расчетных схем к задаче 22				
①	②	③	④	⑤
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
㉑	㉒	㉓	㉔	㉕
㉖	㉗	㉘	㉙	㉚

7. УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

7.1. Расчет стержневой конструкции на устойчивость

В учебнике [1], глава 11, §§ 11.1 – 11.4; в пособии [3] – стр. 59-63;
[4]– стр. 104-109; [5]– стр. 58-66

Задача 23. Дана конструкция, в которой стержень длиной l испытывает деформацию сжатия. Дано: расчетное сопротивление $R = 200$ МПа, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}} = 220$ МПа, коэффициенты формулы Ясинского $a = 310$ МПа, $b = 1,14$ МПа

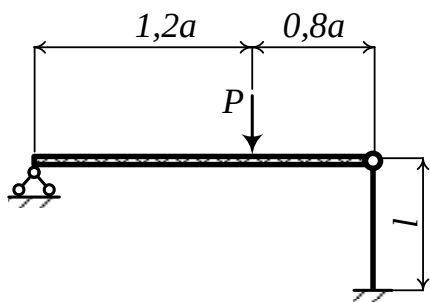
Требуется:

1. Вычислить главные центральные моменты инерции и минимальный радиус инерции сечения
2. Определить гибкость стержня λ . Если $\lambda > 200$, то необходимо уменьшить длину стержня, приняв $\lambda = 200$.
3. Определить критическую продольную силу и критическое напряжение в сжатом стержне.
4. Из условия устойчивости сжатого стержня определить допускаемую продольную силу и допускаемое напряжение.
5. Вычислить допускаемую нагрузку на конструкцию.

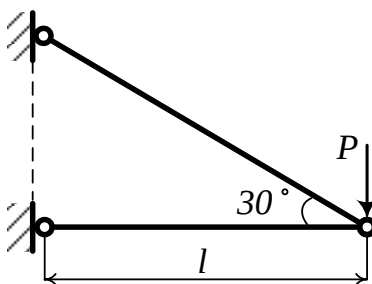
Алфавит	Тип сечения	Уголок равнополочный	Уголок неравнополочный	Швеллер	Двутавр	B , мм	a , м	l , м
	1	2	3	4	5	6	8	9
<i>а б в</i>	1	40x40x5	63x40x5	12	18	150	2,8	3,6
<i>г д е ё</i>	2	45x45x4	75x50x6	14а	16	160	3,0	3,4
<i>ж з и й</i>	3	50x50x3	65x50x8	16	14	170	3,2	3,2
<i>к л м</i>	4	45x45x6	80x60x6	10	12	180	3,4	3,0
<i>н о п</i>	5	50x50x5	90x56x6	16	10	190	3,6	2,8
<i>р с т</i>	6	56x56x4	63x40x8	8	18	195	3,8	4,6
<i>у ф х</i>	7	60x60x4	80x60x8	14а	16	200	4,0	4,4
<i>ц ч ш щ</i>	8	63x63x6	90x56x8	16а	14	210	4,2	4,2
<i>ъ ы ь</i>	9	50x50x8	70x45x5	18	12	220	4,4	4,0
<i>э ю я</i>	10	60x60x10	80x50x5	14	10	230	4,6	3,8

Варианты расчетных схем к задаче 23

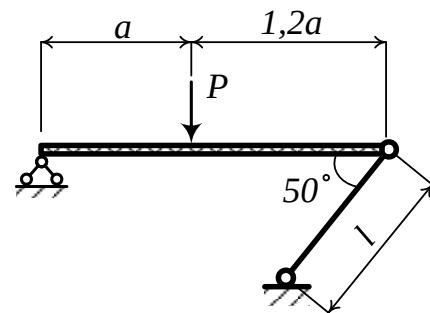
1, 16



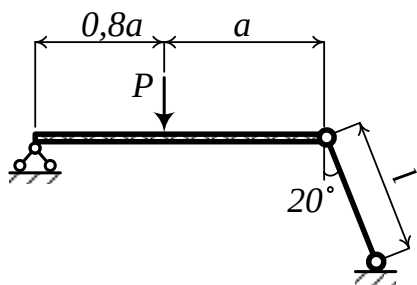
2, 17



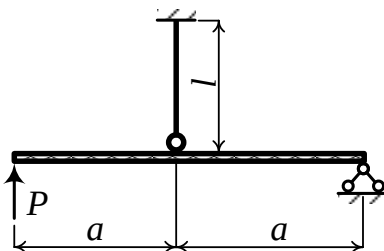
3, 18



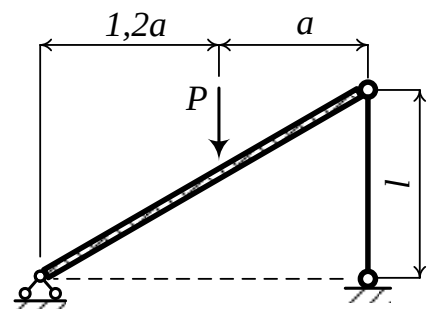
4, 19



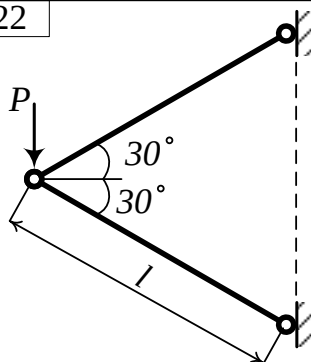
5, 20



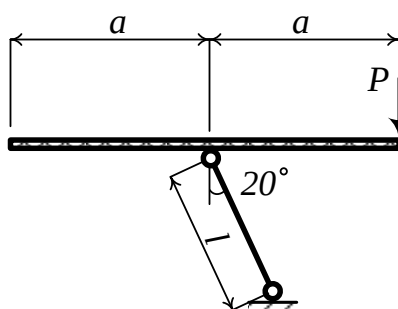
6, 21



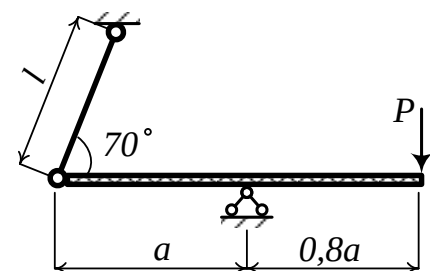
7, 22



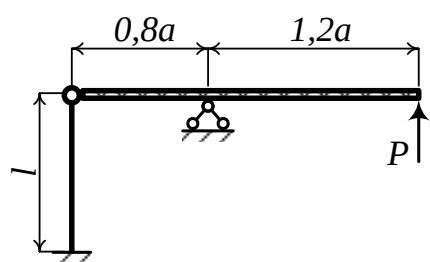
8, 23



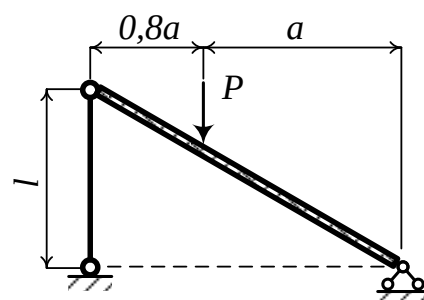
9, 24



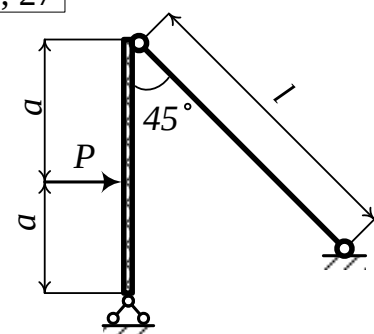
10, 25



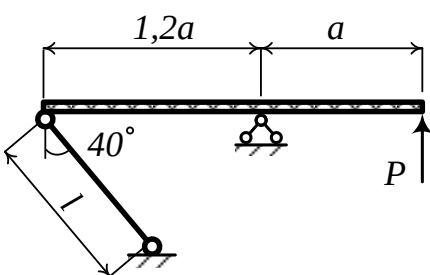
11, 26



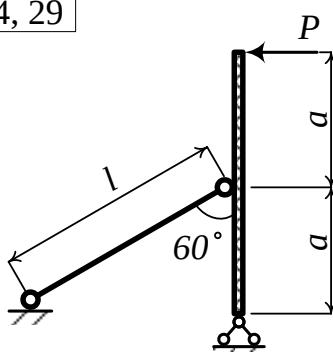
12, 27



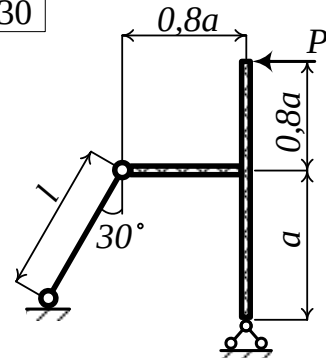
13, 28



14, 29



15, 30



Типы сечений к задаче 23				
1	2 швеллера	2	2 двутавра	3
				4
	4 равнополочных уголка			
5	6	7	8	9
		4 равнополочных уголка	2 швеллера	10
				2 равнополочных уголка

7.2. Определение размеров поперечного сечения сжатого стержня

В учебнике [1] – глава 11, §§ 11.1 – 12.4; в пособии [2] – стр. 59-63;

[4]– стр. 104-109

Задача 24. На стержневую конструкцию действует сосредоточенная сила P .

Дано: расчетное сопротивление $R = 200$ МПа.

Требуется:

1. Из условия устойчивости сжатого стержня определить размеры его поперечного сечения или номер прокатного профиля.

Алфавит	Расчетная схема	l , м	P , кН	Тип сечения	h/b	$\alpha=d/D$	β
	1	2	3	4	5	6	7
$a, б, в$	16,17,18	3,6	600	1	1,0	0,50	0,10
$г, д, е, ё$	19, 20, 21,22	3,7	650	2	1,2	0,55	0,09
$ж, з, и, й$	23, 24, 25, 26	3,8	500	3	1,4	0,60	0,08
$к, л, м$	27, 28, 29	3,9	550	4	1,6	0,65	0,07
$н, о, п$	30, 1, 2	4,0	600	5	1,8	0,70	0,06
$р, с, т$	3, 4, 5	4,1	650	6	2,0	0,75	0,05
$у, ф, х$	6, 7, 8	4,2	400	7	1,9	0,80	0,04
$ц, ч, ш, щ$	9, 10, 11, 12	4,3	450	8	1,7	0,85	0,03
$ъ, ы, ь$	13, 14, 15	4,4	300	9	1,5	0,90	0,02
$э, ю, я$	16, 17, 18	4,5	350	10	1,3	0,45	0,01

Типы сечений к задаче 24				
1 2 швеллера 	2 	3 2 двутавра 	4 	5
6 	7 	8 	9 	10 2 швеллера

Варианты расчетных схем для задачи 24

1, 30	2, 29	3, 28
4, 27	5, 26	6, 25
7, 24	8, 23	9, 22
10, 21	11, 20	12, 19
13, 18	14, 17	15, 16

7.3. Расчет балки на продольно-поперечный изгиб

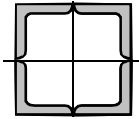
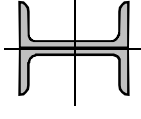
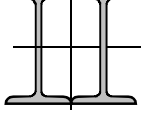
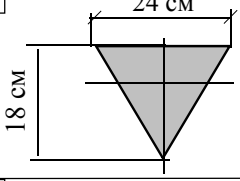
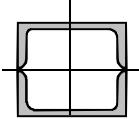
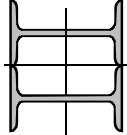
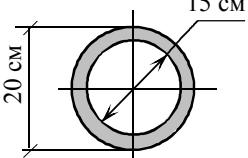
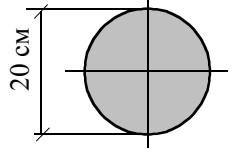
В учебнике [1] – глава 11, §11.5; в пособии [4]– стр. 110-112

Задача 25. На стальную балку действуют продольные и поперечные нагрузки.
Дано: расчетное сопротивление $R = 250$ МПа, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}} = 220$ МПа.

Требуется:

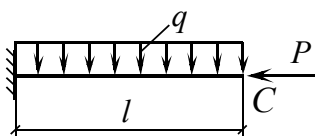
1. Построить эпюры внутренних усилий – продольных сил и изгибающих моментов.
2. Определить вертикальное перемещение сечения C .
3. В сечении, где изгибающий момент достигает максимального значения построить эпюру нормальных напряжений.
4. Проверить балку на прочность. Определить фактический коэффициент запаса прочности.

Алфавит	l , м	P , кН	F , кН	q , кН/м	m , кН·м	Тип сечения
	1	2	3	4	5	6
<i>а б в</i>	3,9	100	3,0	2,5	90	1
<i>г д е ё</i>	3,0	190	4,8	6,5	94	8
<i>ж з и й</i>	3,8	110	3,2	2,0	98	7
<i>к л м</i>	3,2	180	4,6	6,0	100	6
<i>н о п</i>	3,7	120	3,4	3,0	104	5
<i>р с т</i>	3,3	170	4,4	5,5	102	4
<i>у ф х</i>	3,6	130	3,6	3,5	100	3
<i>ц ч ш щ</i>	3,4	160	4,2	5,0	96	2
<i>ъ ы ь</i>	3,5	140	3,8	4,0	92	1
<i>э ю я</i>	3,1	150	4,0	4,5	90	8

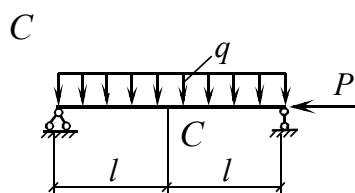
Типы сечений к задаче 25			
1 Четыре уголка 120x120x10 	2 Два швеллера №30 	3 Два двутавра №14 	4 
5 Два швеллера №16 	6 Два двутавра №20 	7 	8 

Варианты расчетных схем к задаче 25

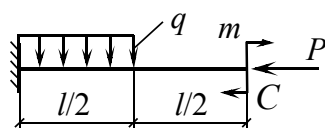
1, 30



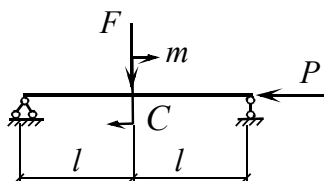
2, 29



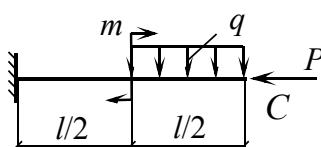
3, 28



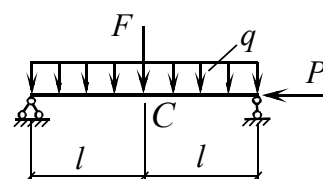
4, 27



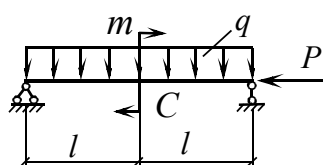
5, 26



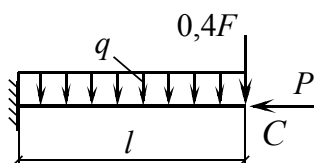
6, 25



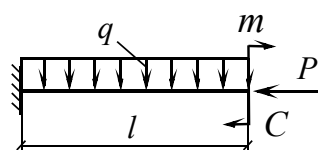
7, 24



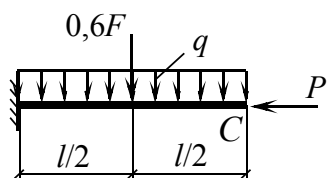
8, 23



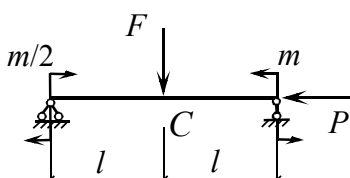
9, 22



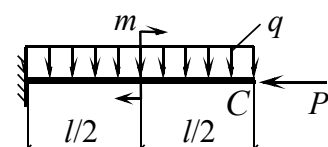
10, 21



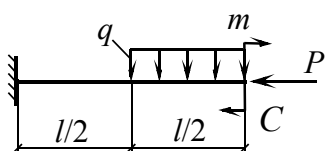
11, 20



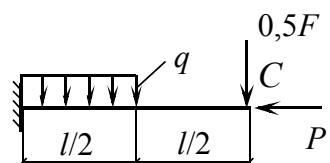
12, 19



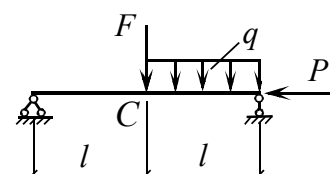
13, 18



14, 17



15, 16



8. ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НАГРУЗОК

8.1. Расчет стержневой системы, элементы которой движутся ускоренно

В учебнике [1] – глава 12, §§ 12.1 – 12.2; в пособии [3] – стр. 64-68;

[4]– стр. 113-115; [5]– стр. 77-82

Задача 26. На стальной конструкции установлена лебедка, с помощью которой груз весом P поднимается с ускорением a . Стержни, работающие на растяжение-сжатие, имеют круглое поперечное сечение диаметром d . Балки изготовлены из прокатных профилей (швеллеров или двутавров). Даны расчетные сопротивления: для материала балки – 250 МПа; для материала стержней – 160 МПа

Требуется:

1. Определить динамический коэффициент системы.
2. Проверить прочность балки и определить фактический коэффициент запаса прочности.
3. Проверить устойчивость сжатых стержней.

Алфавит	P , кН	a , м/с ²	l , м	d , см	b , м	Номер швеллера	Номер двутавра
	1	2	3	4	5	6	7
$a, б, в$	20	5	1,0	6	0,5	18	30а
$г, д, е, ё$	25	6	1,1	7	0,6	18а	30
$ж, з, и, й$	30	7	1,2	8	0,8	20	27а
$к, л, м$	35	8	1,3	9	1,0	20а	27
$н, о, п$	40	9	1,4	10	1,2	22	24а
$р, с, т$	20	10	1,5	6	0,5	22а	22а
$у, ф, х$	25	11	1,6	7	0,6	24	22
$ц, ч, ш, щ$	30	12	1,7	8	0,8	24а	20а
$ъ, ы, ь$	35	13	1,8	9	1,0	27	20
$э, ю, я$	40	14	2,0	10	1,2	30	18

Варианты расчетных схем к задаче 26

1, 30	2, 29	3, 28
4, 27	5, 24	6, 25
7, 24 абсолютно жесткий	8, 23	9, 22
10, 21	11, 20	12, 19
13, 18	14, 17 абсолютно жесткий	15, 16

8.2. Расчет вращающегося вала с сосредоточенными массами

В учебнике [1] – глава 12; в пособии [4]– стр. 113-115;

[5]– стр. 77-82

Задача 27. Вал круглого поперечного сечения с прикрепленными грузами вращается с постоянной угловой скоростью относительно своей продольной оси. Дано расчетное сопротивление $R = 210 \text{ МПа}$.

Требуется:

1. Изобразить расчетную схему балки, учитывая действие центробежных сил от вращающихся грузов.
2. Не учитывая массу стержней и вала, построить эпюру изгибающих динамических моментов.
3. Из условия прочности определить диаметр поперечного сечения вала.

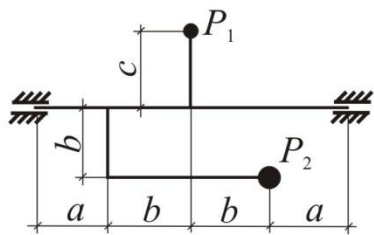
Алфавит	$P_1, \text{ Н}$	$P_2, \text{ Н}$	$n, \text{ об/мин}$	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$
	1	2	3	4	5	6
<i>a, б, в</i>	100	200	100	0,20	0,35	0,40
<i>г, д, е, ё</i>	110	180	115	0,30	0,45	0,50
<i>ж, з, и, й</i>	120	170	130	0,40	0,55	0,60
<i>к, л, м</i>	130	160	145	0,50	0,5	0,30
<i>н, о, п</i>	140	150	160	0,60	0,70	0,25
<i>р, с, т</i>	150	140	175	0,50	0,75	0,35
<i>у, ф, х</i>	160	130	200	0,40	0,60	0,45
<i>ц, ч, ш, щ</i>	170	120	215	0,30	0,50	0,55
<i>ъ, ы, ь</i>	180	110	230	0,20	0,40	0,65
<i>э, ю, я</i>	200	100	250	0,50	0,30	0,75

Примечания:

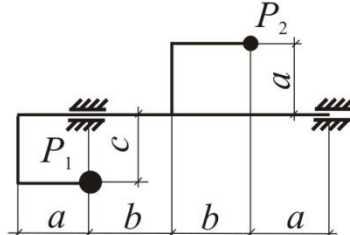
1. Учесть, что вес грузов направлен вниз, а центробежные силы от оси вращения.
2. Следует рассматривать только такое положение конструкции, когда все стержни и грузы располагаются в вертикальной плоскости.
3. Если грузы расположены по разные стороны от балки, необходимо рассмотреть два варианта нагружения; если грузы расположены по одну сторону от балки – один, наиболее опасный.

Варианты расчетных схем для задачи 27

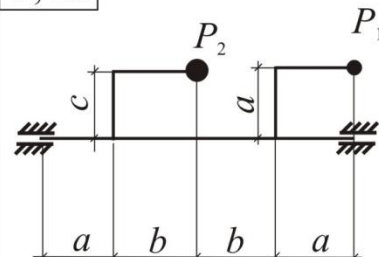
1, 30



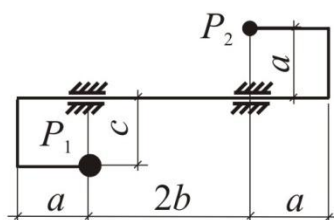
2, 29



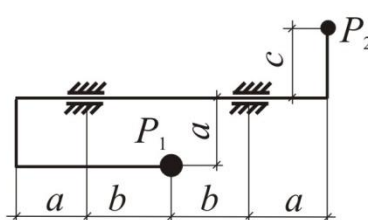
3, 28



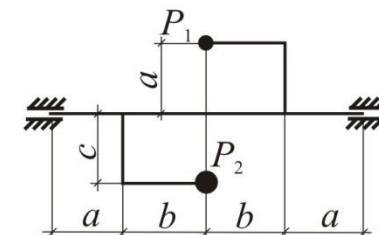
4, 27



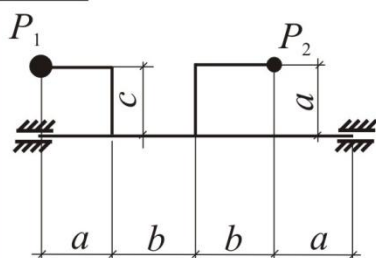
5, 26



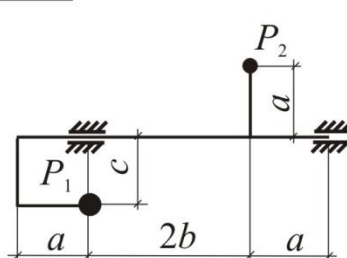
6, 25



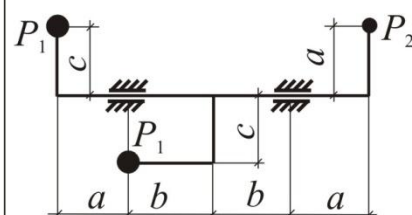
7, 24



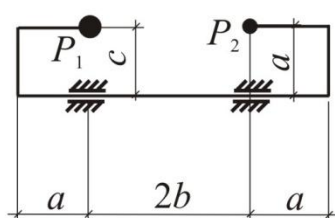
8, 23



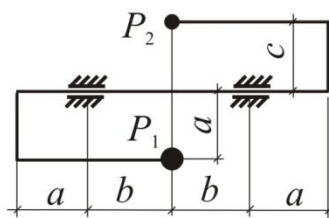
9, 22



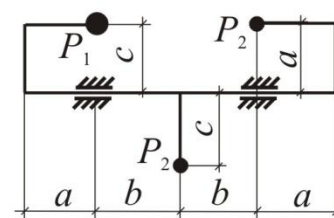
10, 21



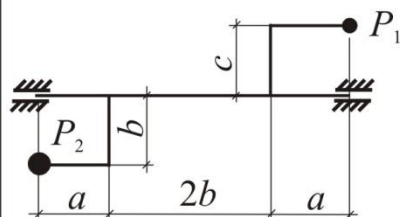
11, 20



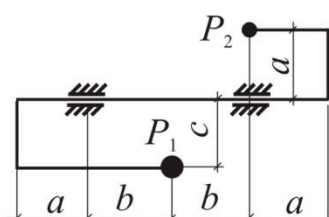
12, 19



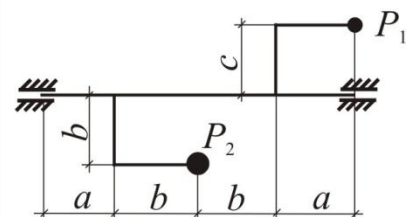
13, 18



14, 17



15, 16



8.3. Расчет конструкции на прочность при вынужденных колебаниях

В учебнике [1] – глава 12, § 12.4; в пособии [3] – стр. 69-74;

[4]– стр. 118-120; [5]– стр. 82-93

Задача 28. На балке установлен электродвигатель весом Q . Из-за вращения неуравновешенной массы развивается центробежная сила $P_0 = 0,2Q$. Сечение балки составлено из прокатных профилей – два швеллера или два двутавра. Подвески, выполненные из стали, имеют круглое поперечное сечение диаметром d . Дано: модуль стали $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; частота вращения ротора двигателя n .

Требуется:

1. При статическом приложении силы, равной весу двигателя Q :
 - а) определить реакции опор и продольные силы в стержнях;
 - б) построить эпюру изгибающих моментов в балке;
 - в) определить максимальные напряжения в балке;
 - г) определить вертикальное перемещение центра тяжести двигателя.
2. Определить круговую частоту вынужденных колебаний балки θ .
3. Из условия, что частота собственных колебаний ω превышает частоту вынужденных на 30% ($\omega = 1,3\theta$), подобрать номер прокатного профиля.
4. Определить коэффициент нарастания амплитуды вынужденных колебаний β и динамический коэффициент.
5. Определить максимальные динамические напряжения в балке.

Алфавит	l , м	a , м	b , м	d , см	Q , кН	n , об/мин	α , град
	1	2	3	4	5	6	7
<i>а, б, в</i>	3,0	0,4 <i>l</i>	1,5	2,0	4	800	30
<i>г, д, е, ё</i>	3,2	0,5 <i>l</i>	1,6	2,5	5	900	35
<i>ж, з, и, й</i>	3,4	0,6 <i>l</i>	1,8	3,0	6	1000	40
<i>к, л, м</i>	3,6	0,7 <i>l</i>	2,0	3,5	7	1100	45
<i>н, о, п</i>	3,8	0,75 <i>l</i>	2,2	4,0	8	1200	55
<i>р, с, т</i>	4,0	0,25 <i>l</i>	2,4	4,5	7	1250	60
<i>у, ф, х</i>	4,2	0,45 <i>l</i>	2,6	5,0	6	1150	65
<i>ц, ч, ш, щ</i>	4,4	0,55 <i>l</i>	2,8	4,0	5	1050	70
<i>ь, ы, ь</i>	4,6	0,65 <i>l</i>	3,0	3,0	4	950	50
<i>э, ю, я</i>	4,8	0,3 <i>l</i>	3,2	2,0	3	850	40

Примечание: при расчете массу конструкции и силы сопротивления среды не учитывать.

Варианты расчетных схем к задаче 28

1,30		2,29		3,28	
4,27		5,26		6,25	
7,24		8,23		9,22	
10,21		11,20		15,16	
13,18		14,17		12,19	

8.4. Расчет балки на ударную нагрузку

В учебнике [1] – глава 12, §§ 12.1 – 12.3; в пособии [3] – стр. 75-79;
[4]– стр. 115-118; [5]– стр. 93-104

Задача 29. На двутавровую балку с высоты H падает груз весом P . Дано: модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

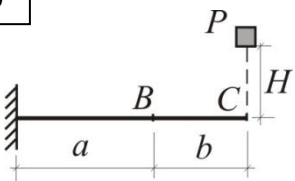
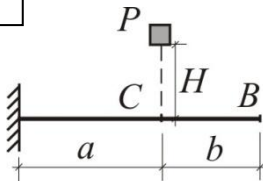
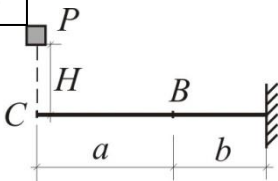
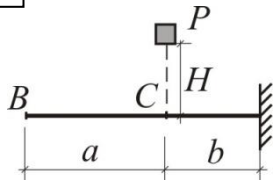
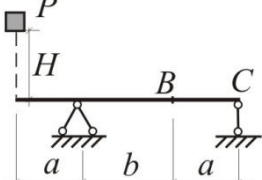
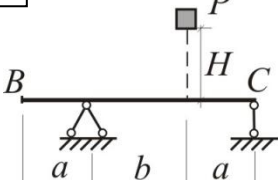
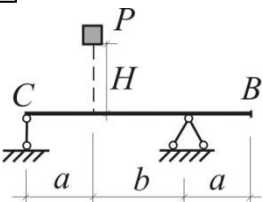
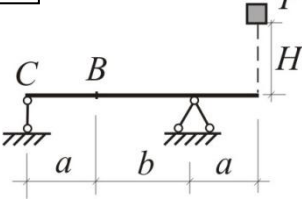
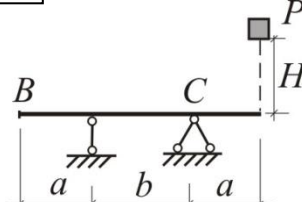
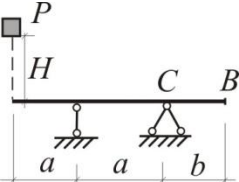
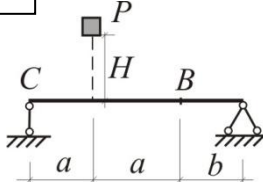
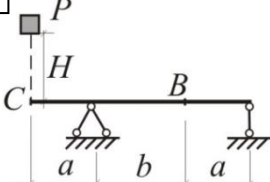
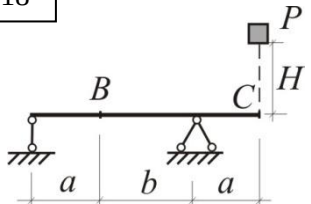
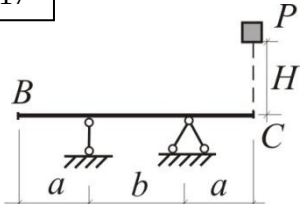
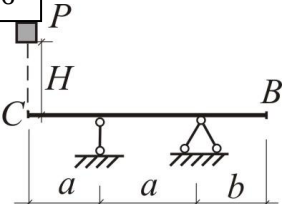
Требуется:

1. При статическом приложении силы, равной весу падающего груза:
 - а) построить эпюру изгибающих моментов;
 - б) вычислить вертикальное перемещение точки B и угол поворота сечения C ;
 - в) определить максимальные нормальные напряжения;
 - г) изобразить деформированный вид конструкции и определить перемещение точки, на которую падает груз.
2. Вычислить динамический коэффициент и максимальное динамическое напряжение в балке.
3. Определить динамические перемещение точки B и угол поворота сечения C .
4. Вычислить динамический коэффициент после установки пружины под грузом, учитывая, что высота его падения H не изменится, а коэффициент податливости пружины α задан.
5. Оценить влияние пружины на величину динамического коэффициента.

Алфавит	Номер двутавра	a , м	b , м	H , см	P , кН	α , мм/кН
	1	2	3	4	6	7
$a, б, в$	16	2,0	3,5	8	1,0	1,4
$г, д, е, ё$	18	2,4	3,3	10	1,2	1,2
$ж, з, и, й$	20	2,8	3,1	12	1,4	1,4
$к, л, м$	22	3,0	3,0	14	1,6	1,6
$н, о, п$	24	3,2	2,8	16	1,8	1,0
$р, с, т$	27	3,5	2,6	18	2,0	2,0
$у, ф, х$	30	3,3	2,5	16	1,9	1,9
$ц, ч, ш, щ$	27а	3,1	2,4	14	1,7	1,7
$ъ, ы, ь$	24а	2,9	2,2	12	1,5	1,5
$э, ю, я$	22а	2,7	2,0	10	1,3	1,3

Примечание: при расчетах массы балки и подвесок не учитывать.

Варианты расчетных схем к задаче 29

1,30		2,29		3,28	
4,27		5,26		6,25	
7,24		8,23		9,22	
10,21		11,20		12,19	
13,18		14,17		15,16	

8.5. Расчет системы перекрестных балок на удар

В учебнике [1] – глава 12, §§ 12.1 – 12.3; в пособии [3] – стр. 75-79;
[4]– стр. 115-118; [5]– стр. 93-104

Задача 30. На конструкцию, составленную из стальных и деревянных балок, с высоты H падает груз весом P . Дано: стальная балка – прокатный двутавр; деревянная имеет прямоугольное сечение высотой h и шириной b ; модуль упругости стали $E_{ст} = 2 \cdot 10^5$ МПа; модуль упругости дерева $E_{д} = 1 \cdot 10^4$ МПа.

Требуется:

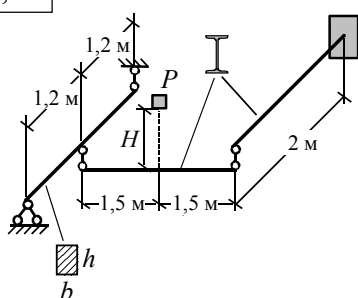
1. При статическом приложении силы, равной весу падающего груза:
 - а) построить эпюры изгибающих моментов;
 - б) вычислить максимальные прогибы балок и осадку пружин;
 - в) определить максимальные нормальные напряжения;
 - г) изобразить деформированный вид конструкции и определить перемещение точки, на которую падает груз.
2. Определить динамический коэффициент.
3. Определить максимальные динамические напряжения в каждой балке.
4. Определить динамическое перемещение точки, на которую падает груз.

Алфавит	Номер двутавра	h , см	b , см	H , см	P , кН	α , мм/кН
	1	2	3	4	6	7
<i>а, б, в</i>	22	20	12	15	1,5	1,3
<i>г, д, е, ё</i>	18	17	8	10	3,5	0,5
<i>ж, з, и, й</i>	20	22	10	18	2,0	1,0
<i>к, л, м</i>	18	19	7	14	2,5	1,6
<i>н, о, п</i>	24	24	11	16	3,0	1,2
<i>р, с, т</i>	16	21	14	12	3,5	1,8
<i>у, ф, х</i>	30	26	9	16	4,0	2,0
<i>ц, ч, ш, щ</i>	27а	22	10	17	4,5	1,7
<i>ъ, ы, ь</i>	20а	25	12	12	5,0	1,1
<i>э, ю, я</i>	24а	23	13	20	6,0	1,0

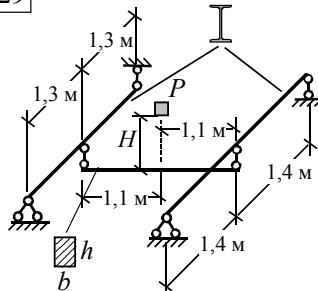
Примечание: при расчетах массы балок не учитывать.

Варианты расчетных схем к задаче 30

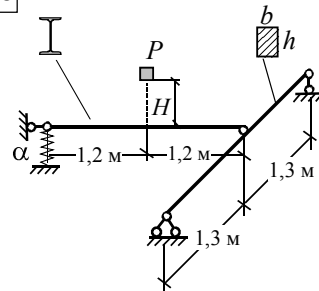
1, 30



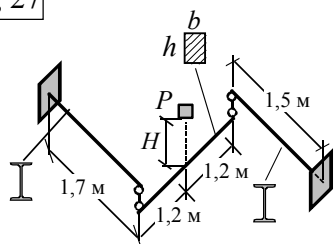
2, 29



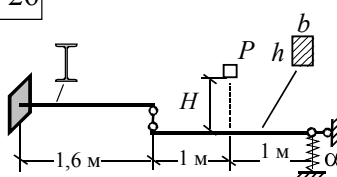
3, 28



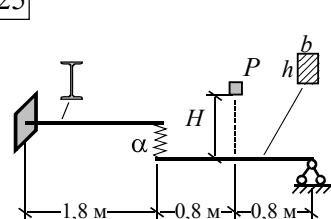
4, 27



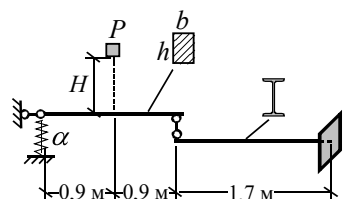
5, 26



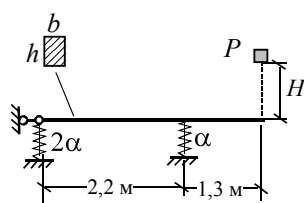
6, 25



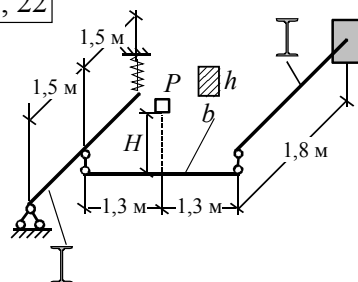
7, 24



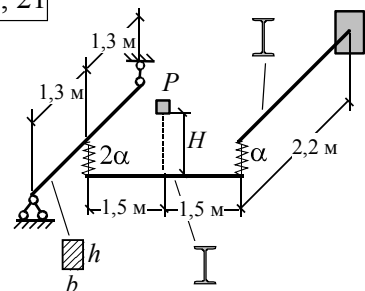
8, 23



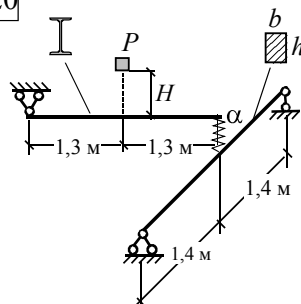
9, 22



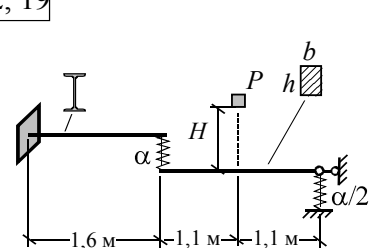
10, 21



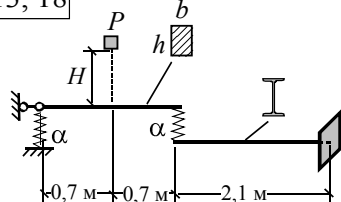
11, 20



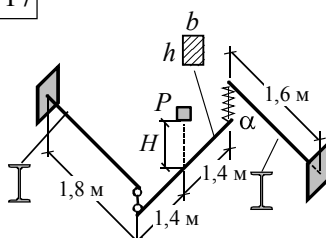
12, 19



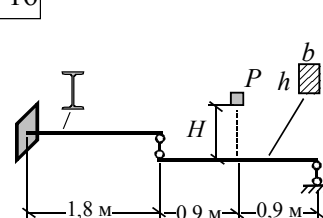
13, 18



14, 17



15, 16



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахметзянов М.Х., Грес П.В., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов. М.: Изд-во «Высшая школа». 2007. – 334 с.
2. Сопротивление материалов. Сборник задач/ В.Н. Агуленко, В.П. Кутовой, Е.Б. Маслов, В.М. Тихомиров, А.П. Шабанов. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. Ч.1. – 84 с
3. Сопротивление материалов. Сборник задач/ В.Н. Агуленко, Е.Б. Маслов, В.М. Тихомиров, А.П. Шабанов. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. Ч.II. – 90 с.
4. Агуленко В.Н., Адегова Л.А., Тихомиров В.М. Сопротивление материалов. 600 вопросов и ответов. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2016. – 149с.
5. Агуленко В.Н. Сопротивление материалов. Учебное пособие. Ч. II. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2003. – 159 с.

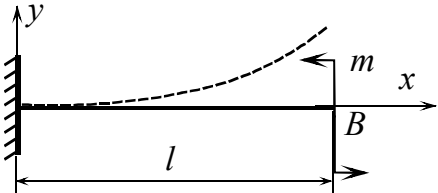
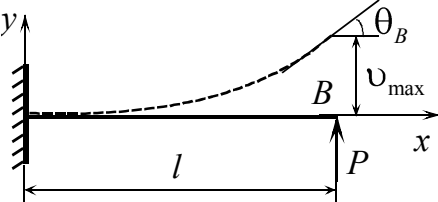
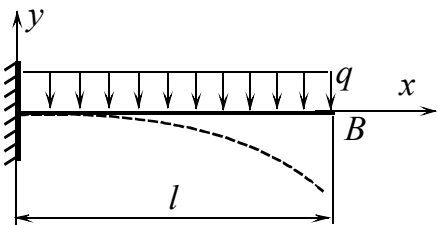
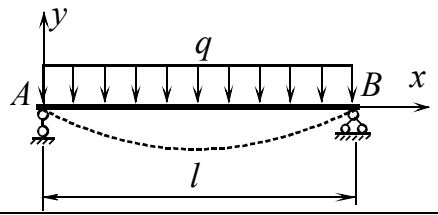
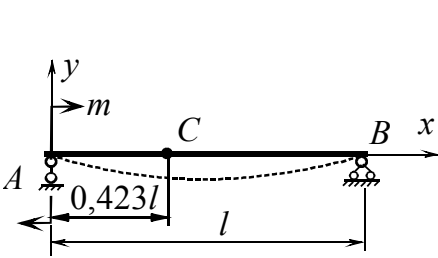
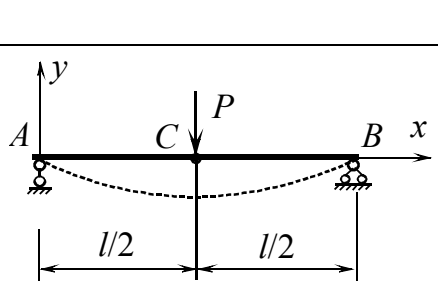
ПРИЛОЖЕНИЕ А
Коэффициенты продольного изгиба φ

Таблица А

Гибкость λ	Значение φ		
	<i>Сталь</i>	<i>Чугун</i>	<i>Дерево</i>
0	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,97	0,99
20	0,96	0,91	0,97
30	0,94	0,81	0,93
40	0,92	0,69	0,87
50	0,89	0,57	0,80
60	0,86	0,44	0,71
70	0,81	0,34	0,60
80	0,75	0,26	0,48
90	0,69	0,20	0,38
100	0,60	0,16	0,31
110	0,52	—	0,25
120	0,45	—	0,22
130	0,40	—	0,18
140	0,36	—	0,16
150	0,32	—	0,14
160	0,29	—	0,12
170	0,26	—	0,11
180	0,23	—	0,10
190	0,21	—	0,09
200	0,19	—	0,08

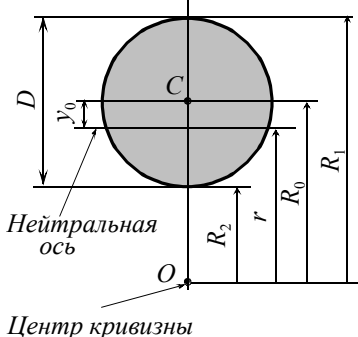
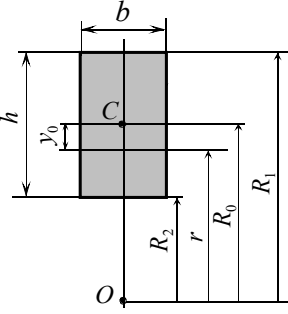
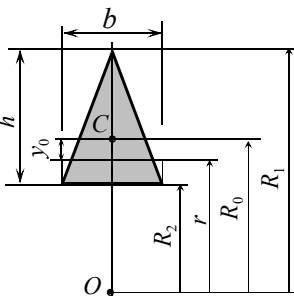
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Формулы для определения перемещений в балках

Таблица Б

Расчетная схема	Угол поворота сечений	Максимальный прогиб
	$\theta_B = \frac{ml}{EJ_z}$	$v_{\max} = v_B = \frac{ml^2}{2EJ_z}$
	$\theta_B = \frac{Pl^2}{2EJ_z}$	$v_{\max} = v_B = \frac{Pl^3}{3EJ_z}$
	$\theta_B = -\frac{ql^3}{6EJ_z}$	$v_{\max} = v_B = -\frac{ql^4}{8EJ_z}$
	$\theta_B = -\theta_A = \frac{ql^3}{24EJ_z}$	при $x = 0,5l$, $v_{\max} = -\frac{5ql^4}{384EJ_z}$
	$\theta_B = \frac{ml}{6EJ_z};$ $\theta_A = -\frac{ml}{3EJ_z}$	при $x = 0,423l$ $v_{\max} = -\frac{ml^2}{15,6EJ_z};$ при $x = 0,5l$ $v = -\frac{ml^2}{16EJ_z}$
	$\theta_B = \frac{Pl^2}{16EJ_z};$ $\theta_A = -\frac{Pl^2}{16EJ_z}$	при $x = \frac{l}{2}$ $v_{\max} = -\frac{Pl^3}{48EJ_z}$

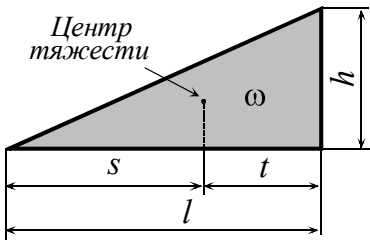
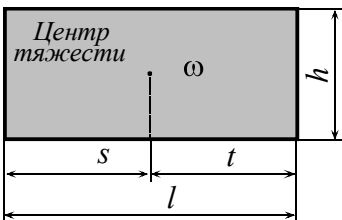
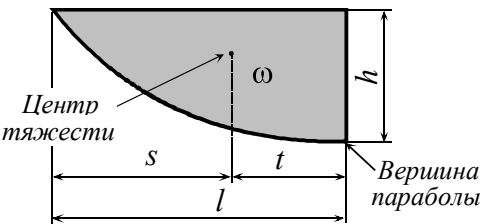
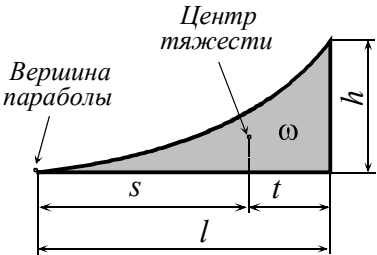
ПРИЛОЖЕНИЕ В
Формулы для определения радиуса кривизны и смещения нейтральной
оси в кривом брусе

Таблица В

Тип сечения	Круг	Прямоугольник	Треугольник
	 Нейтральная ось Центр кривизны		
Точное решение	$r = \frac{D^2}{8 \left(R_0 - \sqrt{R_0^2 - \frac{D^2}{4}} \right)}$	$r = \frac{h}{\ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)}$	$r = \frac{h^2}{2 \left[R_2 \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right) - h \right]}$
Приближенное решение	$y_0 = \frac{D^2}{16R_0}$	$y_0 = \frac{h^2}{12R_0}$	$y_0 = \frac{h^2}{18R_0}$

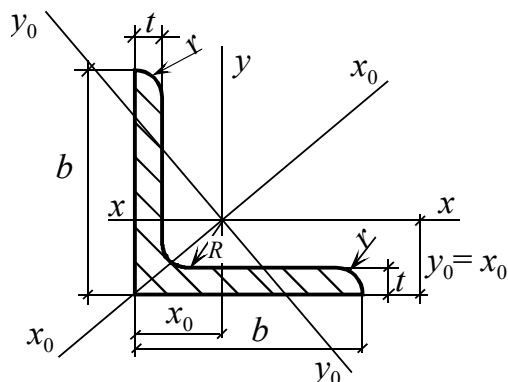
Площади и центры тяжести эюр

Таблица Г

Вид эюр	Положение центра тяжести	Площадь эюры ω
Треугольник 	$s = \frac{2}{3}l$ $t = \frac{1}{3}l$	$\omega = \frac{1}{2}lh$
Прямоугольник 	$s = t = \frac{1}{2}l$	$\omega = lh$
Квадратная парабола (выпуклая) 	$s = \frac{5}{8}l$ $t = \frac{3}{8}l$	$\omega = \frac{2}{3}lh$
Квадратная парабола (вогнутая) 	$s = \frac{3}{4}l$ $t = \frac{1}{4}l$	$\omega = \frac{1}{3}lh$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д **Сортамент стального проката (для учебных целей)**

Уголки стальные горячекатаные равнополочные – Сортамент (ГОСТ 8509-93)



b – ширина полки;
 t – толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полок.

Номер уголка	Размеры уголка, мм				Площадь поперечн ого сечения, см ²	Справочные	
	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>		<i>x – x</i>	
						<i>J_x</i> , см ⁴	<i>i_x</i> , см
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,59
		4			1,46	0,50	0,58
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,75
		4			1,86	1,03	0,74
		5			2,27	1,22	0,73
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,85
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,91
		4			2,27	1,84	0,90
		5			2,78	2,20	0,89
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,77	0,97
		4			2,43	2,26	0,96
3,5	35	3	4,5	1,5	2,04	2,35	1,07
		4			2,67	3,01	1,06
		5			3,28	3,61	1,05
4	40	3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,23
		4			3,08	4,58	1,22
		5			3,79	5,53	1,21
		6			4,48	6,41	1,20
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,39
		4			3,48	6,63	1,38
		5			4,29	8,03	1,37
		6			5,08	9,35	1,36
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,55
		4			3,89	9,21	1,54
		5			4,80	11,20	1,53
		6			5,69	13,07	1,52
		7			6,56	14,84	1,50
		8			7,41	16,51	1,49

Сортамент (ГОСТ 8509-93)
(для учебных целей)

J – момент инерции;

i – радиус инерции;

x_0 – расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;

J_{xy} – центробежный момент инерции (абс. величина).

величины для осей						Масса 1 м уголка, кг
$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		$J_{xy}, \text{см}^4$	$x_0, \text{см}$	
$J_{x_0 \max}, \text{см}^4$	$i_{x_0 \max}, \text{см}$	$J_{y_0 \min}, \text{см}^4$	$i_{y_0 \min}, \text{см}$			
0,63	0,75	0,17	0,39	0,23	0,60	0,89
0,78	0,73	0,22	0,38	0,28	0,64	1,15
1,29	0,95	0,34	0,49	0,47	0,73	1,12
1,62	0,93	0,44	0,48	0,59	0,76	1,46
1,91	0,92	0,53	0,48	0,69	0,80	1,78
1,84	1,07	0,48	0,55	0,68	0,80	1,27
2,30	1,15	0,60	0,59	0,85	0,85	1,36
2,92	1,13	0,77	0,58	1,08	0,89	1,78
3,47	1,12	0,94	0,58	1,27	0,93	2,18
2,80	1,23	0,74	0,63	1,03	0,89	1,46
3,58	1,21	0,94	0,62	1,32	0,94	1,91
3,72	1,35	0,97	0,69	1,37	0,97	1,60
4,76	1,33	1,25	0,68	1,75	1,01	2,10
5,71	1,32	1,52	0,68	2,10	1,05	2,58
5,63	1,55	1,47	0,79	2,08	1,09	1,85
7,26	1,53	1,90	0,78	2,68	1,3	2,42
8,75	1,52	2,30	0,78	3,22	1,17	2,98
10,13	1,50	2,70	0,78	3,72	1,21	3,52
8,13	1,75	2,12	0,89	3,00	1,21	2,08
10,52	1,74	2,74	0,89	3,89	1,26	2,73
12,74	1,72	3,33	0,88	4,71	1,30	3,37
14,80	1,71	3,90	0,88	5,45	1,34	3,90
11,27	1,95	2,95	1,00	4,16	1,33	2,32
14,63	1,94	3,80	0,99	5,42	1,38	3,05
17,77	1,92	4,63	0,98	6,57	1,42	3,77
20,72	1,91	5,43	0,98	7,65	1,46	4,47
23,47	1,89	6,21	0,97	8,63	1,50	5,15
26,03	1,87	6,98	0,97	9,52	1,53	5,82

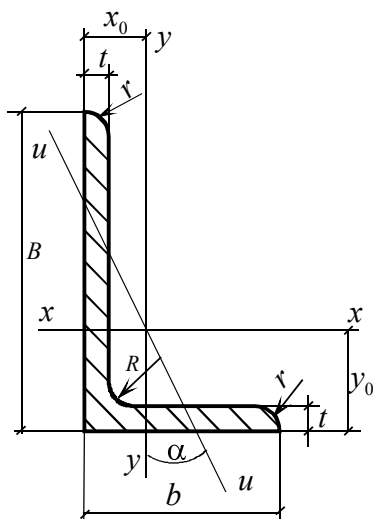
Номер уголка	Размеры уголка, мм				Площадь попереч- ного сечения, см ²	Справочные	
	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>		<i>x – x</i>	
						<i>J_x</i> , см ⁴	<i>i_x</i> , см
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	13,10	1,73
		5			5,41	15,97	1,72
6	60	4	7,0	2,3	4,72	16,21	1,85
		5			5,83	19,79	1,84
		6			6,92	23,21	1,83
		8			9,04	29,55	1,81
		10			11,08	35,32	1,79
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,86	1,95
		5			6,13	23,10	1,94
		6			7,28	27,06	1,93
7	70	4,5	8,0	2,7	6,20	29,04	2,16
		5			6,86	31,94	2,16
		6			8,15	37,58	2,15
		7			9,42	42,98	2,14
		8			10,67	48,16	2,12
		10			13,11	57,90	2,10
7,5	75	5	9,0	3,0	7,39	39,53	2,31
		6			8,78	46,57	2,30
		7			10,15	53,34	2,29
		8			11,50	59,84	2,28
		9			13,83	66,10	2,27
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	52,68	2,47
		6			9,38	56,97	2,47
		7			10,85	65,31	2,45
		8			12,30	73,36	2,44
		10			15,14	88,58	2,42
		12			17,90	102,74	2,40
9	90	6	10,0	3,3	10,61	82,10	2,78
		7			12,28	94,30	2,77
		8			13,93	106,11	2,76
		9			15,60	118,00	2,75
		10			17,17	128,60	2,74
		12			20,33	149,67	2,71
10	100	6,5	12,0	4,0	12,82	122,10	3,09
		7			13,75	130,59	3,08
		8			15,60	147,19	3,07
		10			19,24	178,95	3,05
		12			22,80	208,90	3,03
		14			26,28	237,15	3,00
		15			27,99	250,68	2,99
		16			29,68	263,82	2,98
11	110	7	12,0	4,0	15,15	175,61	3,40

Продольные массы						Масса 1 м уголка, кг
величины для осей				$J_{xy}, \text{см}^4$	$x_0, \text{см}$	
$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$				
$J_{x_0 \max}, \text{см}^4$	$i_{x_0 \max}, \text{см}$	$J_{y_0 \min}, \text{см}^4$	$i_{y_0 \min}, \text{см}$			
20,79	2,18	5,41	1,11	7,69	1,52	3,44
25,36	2,16	6,59	1,10	9,41	1,57	4,25
25,69	2,33	6,72	1,19	9,48	1,62	3,71
31,40	2,32	8,18	1,18	11,61	1,66	4,58
36,81	2,31	9,60	1,18	13,60	1,70	5,43
46,77	2,27	12,34	1,17	17,22	1,78	7,10
55,64	2,24	15,00	1,16	20,32	1,85	8,70
29,90	2,45	7,81	1,25	11,00	1,69	3,90
36,80	2,44	9,52	1,25	13,70	1,74	4,81
42,91	2,43	11,18	1,24	15,90	1,78	5,72
46,03	2,72	12,04	1,39	17,00	1,88	4,87
50,67	2,72	13,22	1,39	18,70	1,90	5,38
59,64	2,71	15,52	1,38	22,10	1,94	6,39
68,19	2,69	17,77	1,37	25,20	1,99	7,39
76,35	2,68	19,97	1,37	28,20	2,02	8,37
91,52	2,64	24,27	1,36	33,60	2,10	10,29
62,65	2,91	16,41	1,49	23,10	2,02	5,80
73,87	2,90	19,28	1,48	27,30	2,06	6,89
84,61	2,89	22,07	1,48	31,20	2,10	7,96
94,89	2,87	24,80	1,47	35,00	2,15	9,02
104,72	2,86	27,48	1,46	38,60	2,18	10,07
83,56	3,11	21,80	1,59	30,90	2,17	6,78
90,40	3,11	23,54	1,58	33,40	2,19	7,36
103,66	3,09	26,97	1,58	38,30	2,23	8,51
116,39	3,08	30,32	1,57	43,00	2,27	9,65
140,31	3,04	36,85	1,56	56,70	2,35	11,88
162,27	3,01	43,21	1,55	59,50	2,42	14,05
130,00	3,50	33,97	1,79	48,10	2,43	8,33
149,67	3,49	38,94	1,78	55,40	2,47	9,64
168,42	3,48	43,80	1,77	62,30	2,51	10,93
186,00	3,46	48,60	1,77	68,00	2,55	12,20
203,93	3,45	53,27	1,76	75,30	2,59	13,48
235,88	3,41	62,40	1,75	86,20	2,67	15,96
193,46	3,89	50,73	1,99	71,40	2,68	10,06
207,01	3,88	54,16	1,98	76,40	2,71	10,79
233,46	3,87	60,92	1,98	86,30	2,75	12,25
283,83	3,84	74,08	1,96	110,00	2,83	15,10
330,95	3,81	86,87	1,95	122,00	2,91	17,90
374,98	3,78	99,32	1,94	138,00	2,99	20,63
395,87	3,76	105,48	1,94	145,00	3,03	21,97
416,04	3,74	111,61	1,94	152,00	3,05	23,30
278,54	4,29	72,68	2,19	106,00	2,96	11,87

Номер уголка	Размеры уголка, мм				Площадь поперечн ого сечения, см ²	Справочные	
	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>		<i>x – x</i>	
						<i>J_x</i> , см ⁴	<i>i_x</i> , см
12	120	6	14,0	4,5	17,20	198,17	3,39
		8			18,80	259,75	3,72
		10			23,24	317,16	3,69
		12			27,60	371,80	3,67
		15			33,89	448,90	3,63
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	3,87
		9			22,00	327,48	3,86
		10			24,33	359,82	3,85
		12			28,89	422,23	3,82
		14			33,37	481,76	3,80
		16			37,77	538,56	3,78
14	140	9	14,0	4,6	24,72	465,72	4,34
		10			27,33	512,29	4,33
		12			32,49	602,49	4,31
15	150	10	14,0	4,6	29,33	634,76	4,65
		12			34,89	747,48	4,63
		15			43,08	908,38	4,59
		18			51,09	1060,08	4,56
16	160	10	16,0	5,3	31,43	774,24	4,96
		11			34,42	844,21	4,95
		12			37,39	912,89	4,94
		14			43,57	1046,47	4,92
		16			49,07	1175,19	4,89
		18			54,79	1290,24	4,87
		20			60,40	1418,85	4,85
18	180	11	16,0	5,3	38,80	1216,44	5,60
		12			42,19	1316,62	5,59
		15			52,18	1607,36	5,55
		18			61,99	1884,07	5,51
		20			68,43	2061,11	5,49
20	200	12	18,0	6,0	47,10	1822,78	6,22
		13			50,85	1960,77	6,21
		14			54,60	2097,00	6,20
		16			61,98	2362,57	6,17
		18			69,30	2620,64	6,15
		20			76,54	2871,47	6,12
		24			90,78	3350,66	6,08
		25			94,29	3466,21	6,06
		30			111,54	4019,60	6,00
22	220	14	21,0	7,0	60,38	2814,36	6,83
		16			68,58	3175,44	6,80
25	250	16	24,0	8,0	78,40	4717,10	7,76
		18			87,72	5247,24	7,73
		20			96,96	5764,87	7,71
		22			106,12	6270,32	7,69
		25			119,71	7006,39	7,65
		28			133,12	7716,86	7,61
		30			141,96	8176,51	7,59

величины для осей						Масса 1 м уголка, кг
$x_0 - x_0$		$y_0 - y_0$		$J_{xy}, \text{см}^4$	$x_0, \text{см}$	
$J_{x_0 \max}, \text{см}^4$	$i_{x_0 \max}, \text{см}$	$J_{y_0 \min}, \text{см}^4$	$i_{y_0 \min}, \text{см}$			
314,51	4,28	81,83	2,18	116,00	3,00	13,50
412,45	4,68	107,04	2,39	153,00	3,25	14,76
503,79	4,66	130,54	2,37	187,00	3,33	18,24
590,28	4,62	153,33	2,36	218,00	3,41	21,67
711,32	4,57	186,48	3,34	262,00	3,53	26,68
466,76	4,87	121,96	2,49	172,00	3,36	15,46
520,00	4,86	135,88	2,48	192,00	3,40	17,30
571,04	4,84	148,59	2,47	211,00	3,45	19,10
670,02	4,82	174,43	2,46	248,00	3,53	22,68
763,90	4,78	199,62	2,45	282,00	3,61	26,20
852,84	4,75	224,29	2,44	315,00	3,68	29,65
739,42	5,47	192,03	2,79	274,00	3,78	19,41
813,62	5,46	210,96	2,78	301,00	3,82	21,45
956,98	5,43	248,01	2,76	354,00	3,90	25,50
1008,56	5,86	260,97	2,98	374,00	4,07	23,02
1187,86	5,83	307,09	2,97	440,00	4,15	27,39
1442,60	5,79	374,17	2,95	534,00	4,27	33,82
1680,92	5,74	439,24	2,93	621,00	4,38	40,11
1229,10	6,25	319,38	3,19	455,00	4,30	24,67
1340,66	6,24	347,77	3,18	496,00	4,35	27,02
1450,00	6,23	375,78	3,17	537,00	4,39	29,35
1662,13	6,20	430,81	3,16	615,00	4,47	33,97
1865,73	6,17	484,64	3,14	690,00	4,55	38,52
2061,03	6,13	537,46	3,13	771,00	4,63	43,01
2248,26	6,10	589,43	3,12	830,00	4,70	47,44
1933,10	7,06	499,78	3,59	716,00	4,85	30,47
2092,78	7,04	540,45	3,58	776,00	4,89	33,12
2554,99	7,00	659,73	3,56	948,00	5,01	40,96
2992,69	6,95	775,44	3,54	1108,00	5,13	48,66
3271,31	6,91	850,92	3,53	1210,00	5,20	53,72
2896,16	7,84	749,40	3,99	1073,00	5,37	36,97
3116,18	7,83	805,35	3,98	1156,00	5,42	39,92
3333,00	7,81	861,60	3,97	1236,00	5,46	42,80
3755,39	7,78	969,74	3,96	1393,00	5,54	48,65
4164,54	7,75	1076,74	3,94	1544,00	5,62	54,40
4560,42	7,72	1181,92	3,93	1689,00	5,70	60,08
5313,59	7,65	1387,73	3,91	1963,00	5,85	71,26
5494,04	7,63	1438,38	3,91	2028,00	5,89	74,02
6351,05	7,55	1698,16	3,89	2332,00	6,07	87,56
4470,15	8,60	1158,56	4,38	1655,00	5,91	47,40
5045,37	8,58	1305,02	4,36	1862,00	6,02	53,83
7492,10	9,78	1942,09	4,98	2775,00	6,75	61,55
8336,69	9,75	2157,78	4,96	3089,00	6,83	68,86
9159,73	9,72	2370,01	4,94	3395,00	6,91	76,11
9961,60	9,69	2579,04	4,93	3691,00	7,00	83,31
11125,52	9,64	2887,26	4,91	4119,00	7,11	93,97
12243,84	9,59	3189,89	4,90	4527,00	7,23	104,50
12964,66	9,56	3388,98	4,89	4788,00	7,31	111,44

Уголки стальные горячекатаные неравнополочные



B – ширина большей полки;
 b – ширина меньшей полки;
 t – толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки.

Номер уголка	Размеры уголка, мм					Площадь попереч- ного сечения, см ²	Справочные	
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>		<i>x – x</i>	
							<i>J_x</i> , см ⁴	<i>i_x</i> , см
2,5/1,6	25	16	3	3,5	1,2	1,16	0,70	0,78
3/2	30	20	3	3,5	1,2	1,43	1,27	0,94
			4			1,86	1,61	0,93
3,2/2	32	20	3	3,5	1,2	1,49	1,52	1,01
			4			1,94	1,93	1,00
4/2,5	40	25	3	4,0	1,3	1,89	3,06	1,27
			4			2,47	3,93	1,26
			5			3,03	4,73	1,25
4/3	40	30	4	4,0	1,3	2,67	4,18	1,25
			5			3,28	5,04	1,24
4,5/2,8	45	28	3	5,0	1,7	2,14	4,41	1,43
			4			2,80	5,68	1,42
5/3,2	50	32	3	5,5	1,8	2,42	6,18	1,60
			4			3,17	7,98	1,59
5,6/3,6	56	36	4	6,0	2,0	3,58	11,37	1,78
			5			4,41	13,82	1,77
6,3/4,0	63	40	4	7,0	2,3	4,04	16,33	2,01
			5			4,98	19,91	2,00
			6			5,90	23,31	1,99
			8			7,68	29,60	1,96
6,5/5	65	50	5	6,0	2,0	5,56	23,41	2,05
			6			6,60	27,46	2,04
			7			7,62	31,32	2,03
			8			8,62	35,00	2,02
7/4,5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	27,76	2,23
7,5/5	75	50	5	8,0	2,7	6,11	34,81	2,39
			6			7,25	40,92	2,38
			7			8,37	46,77	2,36
			8			9,47	52,38	2,35

Сортамент (ГОСТ 8510-86)

(для учебных целей)

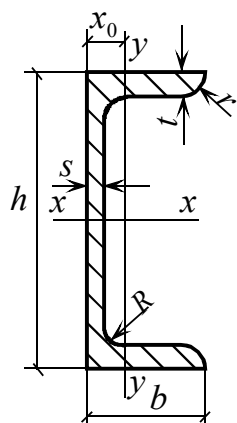
 J – момент инерции; i – радиус инерции; x_0, y_0 – расстояние от центра тяжести до наружных граней полок; J_{xy} – центробежный момент инерции (абс. величина).

величины для осей							Тангенс угла наклона оси, $\operatorname{tg}\alpha$	Масса 1 м уголка, кг
$y - y$		$u - u$		x_0 , см	y_0 , см	J_{xy} , см ⁴		
I_y , см ⁴	i_y , см	$J_u^{\min}$, см ⁴	i_u , см					
0,22	0,44	0,13	0,34	0,42	0,86	0,22	0,392	0,91
0,45	0,56	0,26	0,43	0,51	1,00	0,43	0,427	1,12
0,56	0,55	0,34	0,43	0,54	1,04	0,54	0,421	1,46
0,46	0,55	0,28	0,43	0,49	1,08	0,47	0,382	1,17
0,57	0,54	0,35	0,43	0,53	1,12	0,59	0,374	1,52
0,93	0,70	0,56	0,54	0,59	1,32	0,96	0,385	1,48
1,18	0,69	0,71	0,54	0,63	1,37	1,22	0,381	1,94
1,41	0,68	0,86	0,53	0,66	1,41	1,44	0,374	2,38
2,01	0,87	1,09	0,64	0,78	1,28	1,68	0,544	2,09
2,41	0,86	1,33	0,64	0,82	1,32	2,00	0,539	2,57
1,32	0,79	0,79	0,61	0,64	1,47	1,38	0,382	1,68
1,69	0,78	1,02	0,60	0,68	1,51	1,77	0,379	2,20
1,99	0,91	1,18	0,70	0,72	1,60	2,01	0,403	1,90
2,56	0,90	1,52	0,69	0,76	1,65	2,59	0,401	2,49
3,70	1,02	2,19	0,78	0,84	1,82	3,74	0,406	2,81
4,48	1,01	2,65	0,78	0,88	1,87	4,50	0,404	3,46
5,16	1,13	3,07	0,87	0,91	2,03	5,25	0,397	3,17
6,26	1,12	3,73	0,86	0,95	2,08	6,41	0,396	3,91
7,29	1,11	4,36	0,86	0,99	2,12	7,44	0,393	4,63
9,15	1,09	5,58	0,85	1,07	2,20	9,27	0,386	6,03
12,08	1,47	6,41	1,07	1,26	2,00	9,77	0,576	4,36
14,12	1,46	7,52	1,07	1,30	2,04	11,46	0,575	5,18
16,05	1,45	8,60	1,06	1,34	2,08	12,94	0,571	5,98
18,88	1,44	9,65	1,06	1,37	2,12	13,61	0,570	6,77
9,05	1,27	5,34	0,98	1,05	2,28	9,12	0,406	4,39
12,47	1,43	7,24	1,09	1,17	2,39	12,00	0,436	4,79
14,60	1,42	8,48	1,08	1,21	2,44	14,10	0,435	5,69
16,61	1,41	9,69	1,08	1,25	2,48	16,18	0,435	6,57
18,52	1,40	10,87	1,07	1,29	2,52	17,80	0,430	7,43

Номер уголка	Размеры уголка, мм					Площадь попереч- ного сечения, см ²	Справочные	
	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>		<i>x – x</i>	
							<i>J_x</i> , см ⁴	<i>i_x</i> , см
8/5	80	50	5	8,0	2,8	6,3	41,64	2,56
			6			7,55	48,98	2,55
8/6	80	60	6	8,0	2,9	8,15	52,06	2,53
			7			9,42	59,61	2,52
			8			10,67	66,88	2,50
9/5,6	90	56	5,5	9,0	3,0	7,86	65,28	2,88
			6			8,54	70,58	2,88
			8			11,18	90,87	2,85
10/6,3	100	63	6	10,0	3,3	9,58	98,29	3,20
			7			11,09	112,86	3,19
			8			12,57	126,96	3,18
			10			15,47	153,83	3,15
10/6,5	100	65	7	10,0	3,4	11,23	114,05	3,19
			8			12,73	138,31	3,18
			10			15,67	155,52	3,15
11/7	110	70	6,5	10,0	3,5	11,45	142,42	3,53
			8			13,93	171,54	3,51
12,5/8	125	80	7	11,0	3,7	14,06	226,53	4,01
			8			15,98	255,62	4,00
			10			19,70	311,61	3,98
			12			23,36	364,79	3,95
14/9	140	90	8	12,0	4,0	18,00	363,68	4,49
			10			22,24	444,45	4,47
16/10	160	100	9	13,0	4,3	22,87	605,97	5,15
			10			25,28	666,59	5,13
			12			30,04	784,22	5,11
			14			34,72	897,19	5,08
18/11	180	110	10	14,0	4,7	28,33	952,28	5,80
			12			33,69	1122,56	5,77
20/12,5	200	125	11	15,0	5,6	34,87	1449,62	6,45
			12			37,89	1568,19	6,43
			14			43,87	1800,83	6,41
			16			49,77	2026,08	6,38

величины для осей							Тангенс угла наклона оси, $\operatorname{tg}\alpha$	Масса 1 м уголка, кг
$y - y$		$u - u$		x_0 , см	y_0 , см	J_{xy} , см ⁴		
I_y , см ⁴	i_y , см	$J_{u \min}$, см ⁴	i_u , см					
12,68	1,41	7,57	1,09	1,13	2,60	13,20	0,387	4,99
14,85	1,40	8,88	1,08	1,17	2,65	15,50	0,386	5,92
25,18	1,76	13,61	1,29	1,49	2,47	20,98	0,547	6,39
28,74	1,75	15,58	1,29	1,53	2,52	24,01	0,546	7,39
32,15	1,74	17,49	1,28	1,57	2,56	26,83	0,544	8,37
19,67	1,58	11,77	1,22	1,2	2,92	20,54	0,384	6,17
21,22	1,58	12,70	1,22	1,28	2,95	22,23	0,384	6,70
27,08	1,56	16,29	1,21	1,36	3,04	28,33	0,380	8,77
30,58	1,79	18,20	1,38	1,42	3,23	31,50	0,393	7,53
34,99	1,78	20,83	1,37	1,46	3,28	36,10	0,392	8,70
39,21	1,77	23,38	1,36	1,50	3,32	40,50	0,391	9,87
47,18	1,75	28,34	1,35	1,58	3,40	48,60	0,387	12,14
38,32	1,85	22,77	1,41	1,52	3,24	38,00	0,415	8,81
42,96	1,84	25,24	1,41	1,56	3,28	42,64	0,414	9,90
51,68	1,82	30,60	1,40	1,64	3,37	51,18	0,410	12,30
45,61	2,00	26,94	1,53	1,58	3,55	46,80	0,402	8,98
54,64	1,98	32,31	1,52	1,64	3,61	55,90	0,400	10,93
73,73	2,29	43,40	1,76	1,80	4,01	74,70	0,407	11,04
80,95	2,28	48,82	1,75	1,84	4,04	84,10	0,406	12,54
100,47	2,26	59,33	1,74	1,92	4,14	102,00	0,404	15,47
116,84	2,24	69,47	1,72	2,00	4,22	118,00	0,400	18,34
119,79	2,58	70,47	1,98	2,03	4,49	121,00	0,411	14,13
145,54	2,56	85,51	1,96	2,12	4,58	147,00	0,409	17,46
186,03	2,85	110,40	2,20	2,24	5,19	194,00	0,391	17,95
204,09	2,84	121,16	2,19	2,28	5,23	213,00	0,390	19,85
238,75	2,82	142,14	2,18	2,36	5,32	249,00	0,388	23,58
271,60	2,80	162,49	2,16	2,43	5,40	282,00	0,385	27,26
276,37	3,12	165,44	2,42	2,44	5,88	295,00	0,376	22,24
324,09	3,10	194,28	2,40	2,52	5,97	348,00	0,374	26,45
446,36	3,58	263,84	2,75	2,79	6,50	465,00	0,392	27,37
481,93	3,57	285,04	2,74	2,83	6,54	503,00	0,392	29,74
550,77	3,54	326,54	2,73	2,91	6,62	575,00	0,390	34,43
616,66	3,52	365,99	2,72	2,99	6,71	643,00	0,388	39,07

Сталь горячекатаная. Швеллеры. Сортамент (ГОСТ 8240-97)



h – высота (швеллера);

b – ширина полки;

s – толщина стенки;

t – толщина полки;

R – радиус внутреннего закругления;

r – радиус закругления полки

Номер швеллера	Размеры швеллера, мм						Площадь поперечного сечения, см^2	Масса 1 м швеллера, кг
	h	b	s	t	R	r		
5	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84
6,5	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,51	5,90
8	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05
10	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59
12	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40
14	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30
14a	140	62	4,9	8,7	8,0	4,5	17,00	13,30
16	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20
16a	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30
18	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30
18a	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40
20	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40
20a	200	80	5,2	9,7	9,5	5,5	25,20	19,80
22	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00
22a	220	87	5,4	10,2	10,0	6,0	28,80	22,60
24	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00
24a	240	95	5,6	10,7	10,5	6,0	32,90	25,80
27	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70
30	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80
33	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50
36	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90
40	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30

Швеллеры с параллельными гранями полок
(для учебных целей)

J — момент инерции;

W — момент сопротивления;

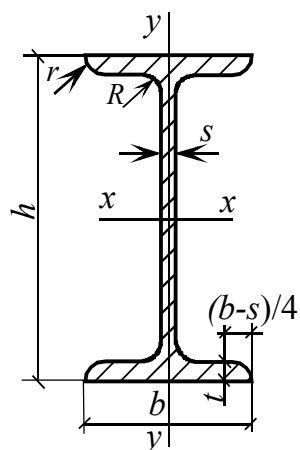
i — радиус инерции;

S — статический момент полусечения;

x_0 — расстояние от оси $y - y$ до наружной грани стенки

Справочные величины для осей							x_0 , см
$x - x$				$y - y$			
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	
22,8	9,14	1,92	5,61	5,95	2,99	0,983	1,21
48,8	15,00	2,55	9,02	9,35	4,06	1,120	1,29
89,8	22,50	3,16	13,30	13,90	5,31	1,240	1,38
175,0	34,90	3,99	20,50	22,60	7,37	1,440	1,53
305,0	50,80	4,79	29,70	34,90	9,84	1,620	1,66
493,0	70,40	5,61	40,90	51,50	12,90	1,810	1,82
547,0	78,20	5,68	45,20	65,20	15,70	1,960	1,97
750,0	93,80	6,44	54,30	72,80	16,40	2,000	2,04
827,0	103,00	6,51	59,50	90,50	19,60	2,150	2,19
1090,0	121,00	7,26	70,00	100,00	20,60	2,200	2,14
1200,0	133,00	7,34	76,30	123,00	24,30	2,350	2,36
1530,0	153,00	8,08	88,00	134,00	25,20	2,390	2,30
1680,0	168,00	8,17	96,20	162,00	29,70	2,540	2,53
2120,0	193,00	8,90	111,00	178,00	31,00	2,580	2,47
2340,0	212,00	9,01	121,00	220,00	37,00	2,770	2,75
2910,0	243,00	9,75	139,00	248,00	39,50	2,850	2,72
3200,0	266,00	9,86	152,00	302,00	46,50	3,030	3,01
4180,0	310,00	10,90	178,00	314,00	46,70	2,990	2,78
5830,0	389,00	12,00	224,00	393,00	54,80	3,120	2,83
8010,0	486,00	13,10	281,00	491,00	64,60	3,250	2,90
10850,0	603,00	14,30	350,00	611,0	76,30	3,380	2,99
15260,0	763,00	15,80	445,00	760,00	89,90	3,510	3,05

Сталь горячекатаная. Балки двутавровые.



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

Номер балки	Размеры балки, мм						Площадь поперечного сечения, см ²
	h	b	s	t	R	r	
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4
18a	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8
20a	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6
22a	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8
24a	240	125	5,6	9,8	10,5	4,0	37,5
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2
27a	270	135	6,0	10,2	11,0	4,5	43,2
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5
30a	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0

Сортамент (ГОСТ 8239-89)

(для учебных целей)

 J — момент инерции; W — момент сопротивления; i — радиус инерции; S — статический момент полусечения;

Масса 1 м двутавра, кг	Справочные величины для осей						
	$x - x$				$y - y$		
	$J_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$i_x, \text{см}$	$S_x, \text{см}^3$	$J_y, \text{см}^4$	$W_y, \text{см}^3$	$i_y, \text{см}$
9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12
21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32
24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50
27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63
31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54
33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80
36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95
42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Общие правила выполнения и оформления заданий

Обозначение величин и их единицы измерения

Программа теоретического курса «Сопротивление материалов», часть II

1. ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ БАЛОК

- 1.1. Определение перемещений методом непосредственного интегрирования. Задача 1
- 1.2. Определение перемещений в балках методом начальных параметров. Задача 2.
- 1.3. Определение перемещений методом единичных нагрузок. Задача 3, 4 и 5.

2. СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ БАЛКИ

- 2.1 Расчет статически неопределимой балки методом сравнения деформаций. Задача 6.
- 2.2 Расчет статически неопределимой балки методом сил. Задача 7 и 8.

3. КРУЧЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ

- 3.1 Расчет вала на прочность и жесткость. Задача 9.
- 3.2 Расчет кулачкового вала (распредвала). Задача 10.

4. КОСОЙ ИЗГИБ БАЛКИ

- 4.1 Расчет балки-консоли на косой изгиб. Задача 11.
- 4.2 Расчет балки на прочность при косом изгибе. Задача 12 и 13.

5. СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ИЗГИБА И РАСТЯЖЕНИЕ/СЖАТИЯ

- 5.1 Расчет колонны на совместное действие изгиба и растяжения/сжатия. Задача 14 и 15.
- 5.2 Расчет колонны на совместное действие изгиба и растяжения/сжатия с учетом собственного веса. Задача 16.
- 5.3 Расчет колонны на внецентренное сжатие. Задача 17 и 18.
- 5.4. Расчет кривого бруса. Задача 19.

6. ИЗГИБ С КРУЧЕНИЕМ

- 6.1 Расчет промежуточного вала механизма. Задача 20.
- 6.2 Расчет стержня с пространственной осью. Задача 21 и 22.

7. УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

- 7.1 . Расчет стержневой системы на устойчивость. Задача 23.
- 7.2 Определение размеров поперечного сечения сжатого стержня. Задача 24.
- 7.3 Расчет балки на продольно-поперечный изгиб. Задача 25.

8. ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НАГРУЗОК

- 8.1 Расчет стержневой системы, элементы которой движутся ускоренно. Задача 26.

- 8.2 Расчет вращающегося вала с сосредоточенными массами. Задача 27.
- 8.3 Расчет конструкции на прочность при вынужденных колебаниях. Задача 28.
- 8.4 Расчет балки на ударную нагрузку. Задача 29.
- 8.5 Расчет системы перекрестных балок на удар . Задача 30.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Коэффициенты продольного изгиба φ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Формулы для определения перемещений в балках

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Формулы для определения радиуса кривизны r и смещения нейтральной оси y_0 в кривом брусе

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Площади и положение центра тяжести эпюр

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Таблицы сортамента стального проката

Учебное издание

Агуленко Виктор Николаевич

Маслов Евгений Борисович

Тихомиров Виктор Михайлович

Шабанов Александр Петрович

Сопротивление материалов

Сборник задач

Часть II

Редактор

Компьютерная верстка

Дизайн обложки

Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения
630049, Новосибирск, ул. Д.Ковальчук, 191