

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ»**

СБОРНИК ЗАДАНИЙ

по курсу «Сопротивление материалов»
для студентов специальности 1-36 11 01
«Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и
оборудование»

Учебное электронное издание

Минск ◊ БНТУ ◊ 2009

УДК: 539.316

Авторы:

*П. В. Шишлаков, А. Е. Кончиц, С. Е. Кравченко,
С. И. Зиневич, М. В. Югова*

Рецензенты:

М.Т. Насковец, заведующий кафедрой «Транспорт леса» БГТУ, кандидат
технических наук, доцент;
Л.Р. Мытько, заведующий кафедрой «Проектирование дорог» БНТУ,
кандидат технических наук, доцент

Сборник заданий по курсу «Соппротивление материалов» предназначен для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование». В нём собраны основные типы задач для указанной специальности, а также приводятся приложения по выбору варианта и оформлению решения задачи.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 292-67-85 факс (017) 292-71-53
E-mail: CMiTY-FTK@tut.by
Регистрационный № БНТУ/ФТК75 – 2.2009

© БНТУ, 2009

© П.В. Шишлаков, А.Е. Кончиц, С.Е. Кравченко,
С.И. Зиневич, М.В. Югова, 2009

© Е.А. Безносик, компьютерный дизайн, 2009

Содержание

Задача 1. Центральное растяжение и сжатие бруса (статически определимая система)	3
Задача 2. Центральное растяжение и сжатие ступенчатого бруса (статически неопределимая система)	4
Задача 3. Центральное растяжение и сжатие бруса (статически неопределимая система)	6
Задача 4. Исследование напряженного состояния в точке	7
Задача 5. Практические расчеты заклепочных и сварных соединений ..	8
Задача 6. Геометрические характеристики плоских сечений	10
Задача 7. Кручение ступенчатого бруса круглого сечения (статически определимая система)	11
Задача 8. Кручение бруса (статически неопределимая система)	12
Задача 9. Цилиндрические витые пружины (статически определимая система)	13
Задача 10. Цилиндрические витые пружины (статически неопределимая система)	15
Задача 11. Прямой поперечный изгиб (статически определимая балка)	16
Задача 12. Построение эпюр внутренних силовых факторов для плоской статически определимой рамы	18
Задача 13. Дифференциальное уравнение упругой линии	20
Задача 14. Вычисление интеграла Мора по способу Верещагина при определении перемещений в статически определимых системах	22
Задача 15. Определение перемещений узлов плоской фермы	22
Задача 16. Метод сил (статически неопределимая балка)	24
Задача 17. Метод сил (статически неопределимая рама)	25
Задача 18. Косой изгиб	27
Задача 19. Пространственная стержневая система	29
Задача 20. Изгиб с кручением (расчет машинного вала)	31
Задача 21. Внецентренное сжатие	32
Задача 22. Устойчивость сжатых стержней (допускаемое значение сжимающей силы)	34
Задача 23. Устойчивость сжатых стержней (практические расчеты с использованием коэффициентов продольного изгиба)	35
Задача 24. Расчеты на прочность с учетом сил инерции (вращение плоского ломаного бруса с постоянной угловой скоростью)	36
Задача 25. Расчеты на прочность при действии ударной нагрузки	37
Литература	38
Приложение 1 (Титульный лист)	39
Приложение 2 (Содержание работы)	41
Приложение 3 (Условие задачи и решение)	42

Задача 1. Центральное растяжение и сжатие бруса (статически определимая система)

Для заданного ступенчатого бруса (рис.1), изготовленного из стали ($R = 210 \text{ МПа}$, $E=2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$), построить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и перемещений поперечных сечений.

Исходные данные для расчетов приведены в табл.1. Силы равные нулю на расчетной схеме не изображать, а отрицательные – направлять в противоположную сторону.

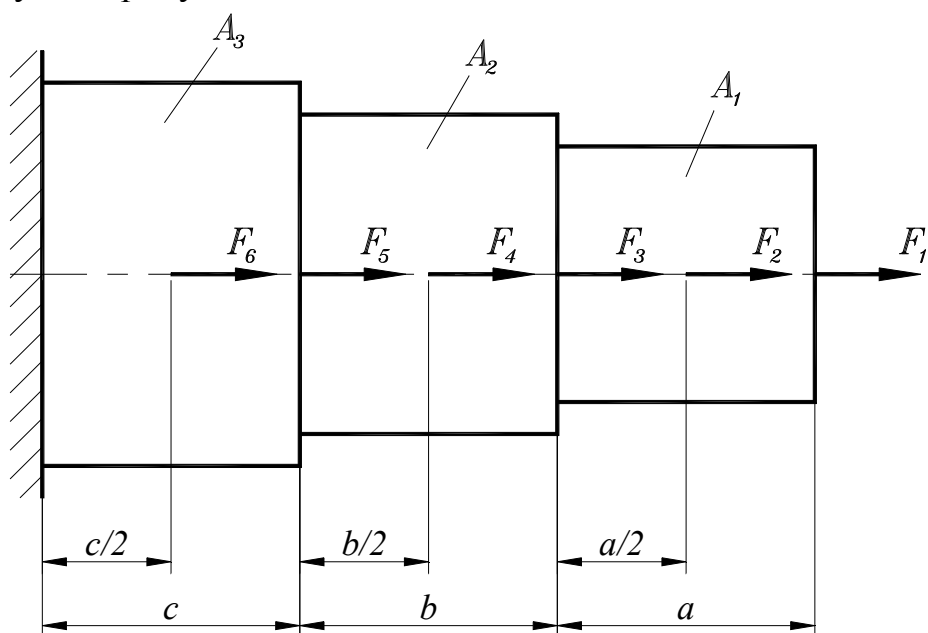


Рис 1. К построению расчетной схемы ступенчатого статически определимого бруса

Таблица 1

Цифра шифра	Площади поперечного сечения, $см^2$			Продольные размеры бруса, $м$			Осевая нагрузка, $кН$					
	A_1	A_2	A_3	a	b	c	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
1	1,2	2,8	3,2	0,2	0,4	0,6	18	0	0	-26	15	0
2	1,6	2,2	2,8	0,5	0,6	0,4	0	20	0	-18	0	-30
3	1,5	2,4	2,7	0,4	0,2	0,6	-11	0	0	-20	0	25
4	2,4	3,0	2,0	0,2	0,2	0,4	0	-16	-12	0	18	0
5	2,6	2,2	2,0	0,4	0,6	0,2	-21	0	-17	0	25	0
6	1,8	1,1	1,4	0,3	0,5	0,4	17	0	0	0	-19	-11
7	2,1	2,8	1,8	0,4	0,4	0,4	0	17	0	22	0	-14
8	2,0	1,8	1,4	0,3	0,4	0,4	0	-20	0	0	-16	21
9	2,5	1,9	2,5	0,2	0,3	0,5	18	0	0	-25	0	-20
0	1,6	2,0	2,1	0,3	0,2	0,2	19	0	-12	16	0	0
Порядковый номер цифры шифра	1			2			3					

Задача 2. Центральное растяжение и сжатие ступенчатого бруса (статически неопределимая система)

Для заданного чугунного бруса ($R_t = 30 \text{ МПа}$, $R_c = 70 \text{ МПа}$, $E = 1,5 \cdot 10^5 \text{ МПа}$), изображенного на рис. 2, построить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и перемещений поперечных сечений. Проверить прочность бруса.

Исходные данные для расчетов приведены в табл.2. Силу, приведенную в таблице со знаком “минус”, направить в противоположную сторону.

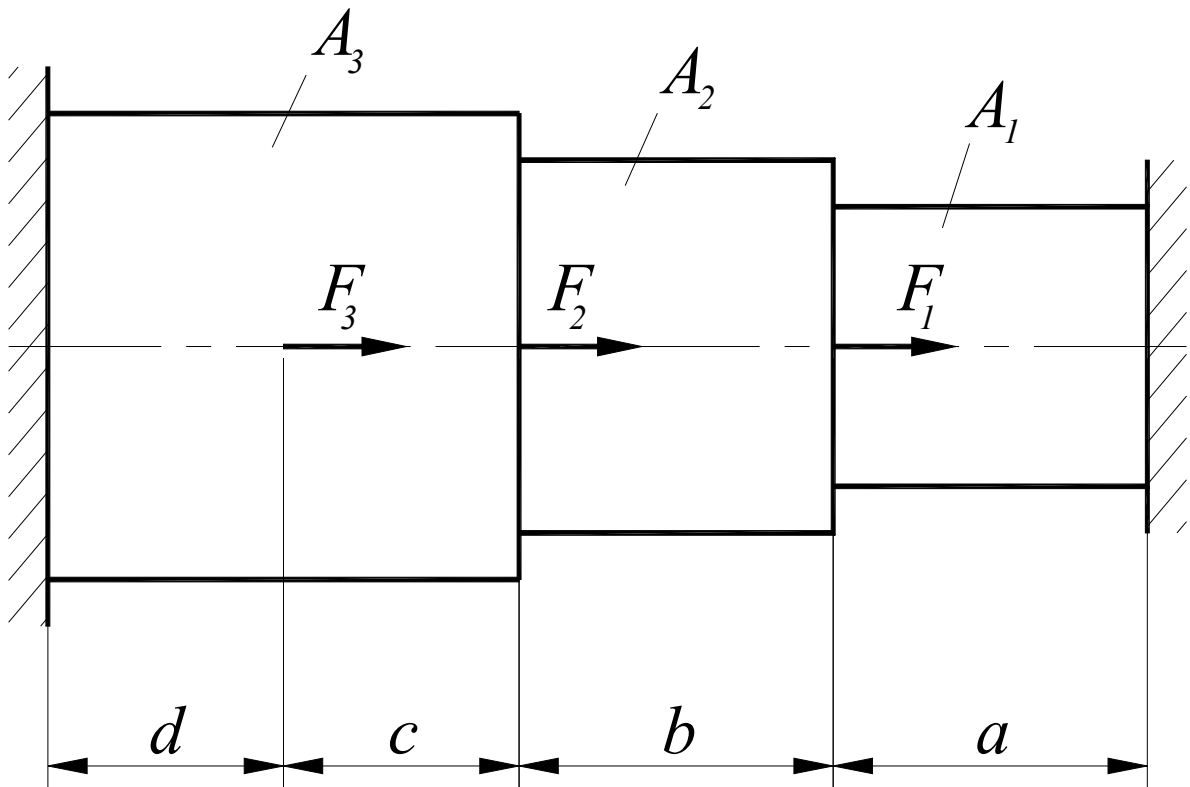


Рис. 2. К построению расчетной схемы ступенчатого статически неопределимого бруса

Таблица 2

Цифра шифра	Площади поперечного сечения, $см^2$			Продольные размеры бруса, м				Осевая нагрузка, кН		
	A ₁	A ₂	A ₃	a	b	c	d	F ₁	F ₂	F ₃
1	20	18	10	0,4	0,5	0,6	0,5	-10	20	70
2	19	17	8	0,5	0,4	0,5	0,6	-30	-10	90
3	18	16	9	0,7	0,4	0,7	0,6	-50	10	100
4	19	18	10	0,3	0,6	0,6	0,5	4	12	-60
5	19	18	11	0,3	0,4	0,7	0,4	6	40	80
6	20	20	8	0,4	0,6	0,6	0,8	5	-21	60
7	16	10	12	0,5	0,7	0,8	0,5	-3	40	-40
8	14	13	11	0,6	0,7	0,6	0,7	20	-20	-20
9	17	16	14	0,4	0,4	0,4	0,4	-14	-13	110
0	22	20	9	0,5	0,7	0,7	0,6	6	22	40
Порядковый номер цифры шифра	3			2				1		

Задача 3. Центральное растяжение и сжатие бруса (статически неопределимая система)

Абсолютно жесткая балка шарнирно прикреплена к стене, а также подвешена или опирается на стальные стержни из прокатных профилей (двух уголков, двух швеллеров или двутавра). Определить допустимое значение интенсивности распределенной нагрузки $[q]$ из условия прочности, если $R = 210 \text{ МПа}$, $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 3. При построении расчетной схемы (рис.3) углы α_1 и α_2 откладываются от соответствующей вертикали против хода часовой стрелки

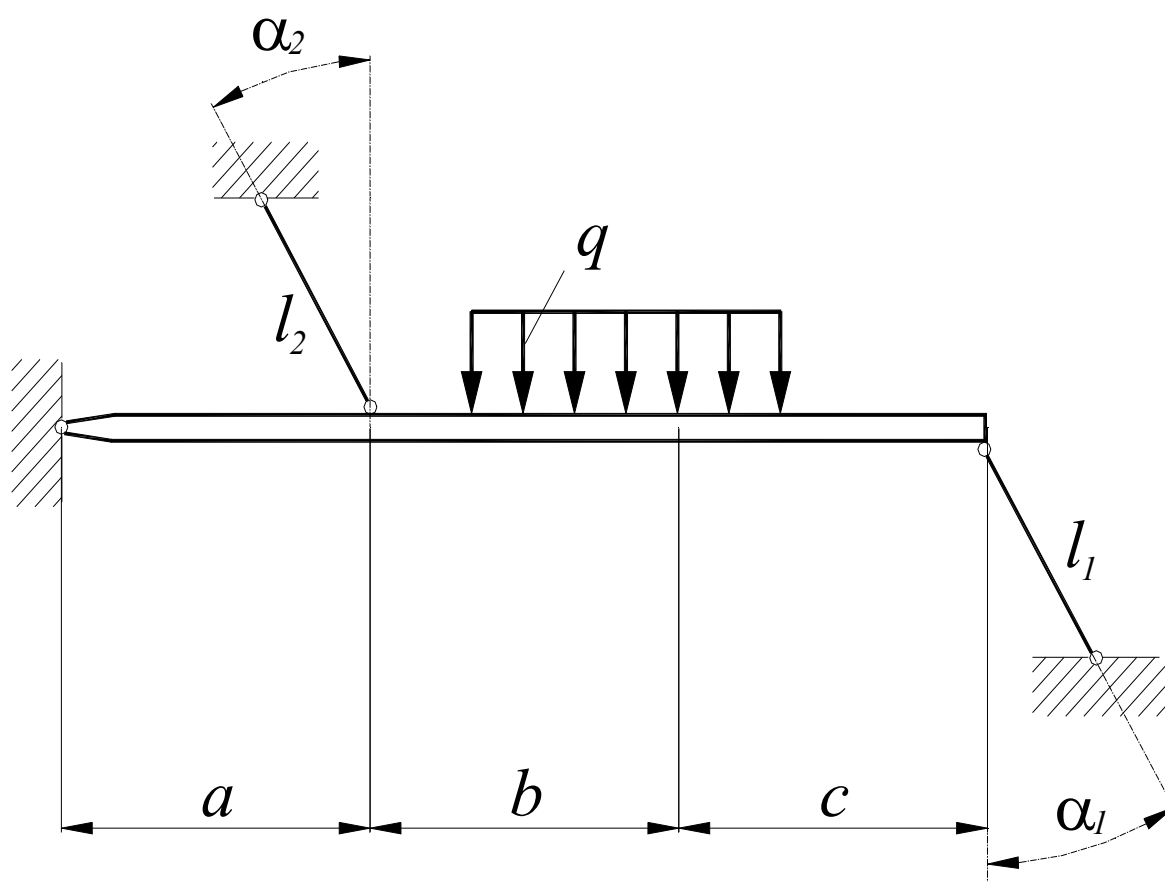


Рис. 3. К построению расчетной схемы статически неопределимой балки

Таблица 3

Цифра шифра	Размеры участков рамы, м			Участок рамы под нагрузкой	Углы наклона стержня, град.		Длины стержней, м		Номер профиля и форма сечения стержня	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		α_1	α_2	l_1	l_2	l_1	l_2
1	0,6	2,4	0,3	<i>a</i>	0	30	1,8	2,5	 50×50×3	I № 10
2	0,3	2,8	0,4	<i>a+b</i>	180	330	0,8	1,4	 70×70×5	I № 14
3	0,4	2,9	0,5	<i>a+b+c</i>	150	180	0,9	1,0	 56×56×4	I № 12
4	0,3	2,5	0,5	<i>c</i>	0	60	0,8	1,4	 50×32×3	II № 5
5	0,4	2,6	0,6	<i>b+c</i>	0	45	0,9	1,3	 63×40×6	II № 8
6	0,5	2,7	0,7	<i>a+b+c</i>	135	0	1,0	1,4	 70×45×5	II № 6,5
7	0,3	3,6	0,4	<i>b</i>	210	180	0,9	1,3	 75×50×6	II № 8
8	0,3	0,7	3,2	<i>c</i>	0	240	0,8	1,2	 70×70×5	I № 10
9	0,5	0,6	3,5	<i>a+b</i>	315	180	1,6	0,7	 70×45×5	I № 8
0	0,7	0,8	3,7	<i>a</i>	300	0	1,2	1,3	 56×36×5	I № 12
Порядковый номер цифры шифра	1			3	2		1		3	

Задача 4. Исследование напряженного состояния в точке

Для заданного напряженного состояния (табл.4) требуется определить:

- главные напряжения и положение главных площадок;
- экстремальные касательные напряжения и положение площадок сдвига;
- нормальные и касательные напряжения по площадке, внешняя нормаль к которой составляет угол α с положительным направлением оси координат, параллельной большему из заданных нормальных напряжений (рис.4).

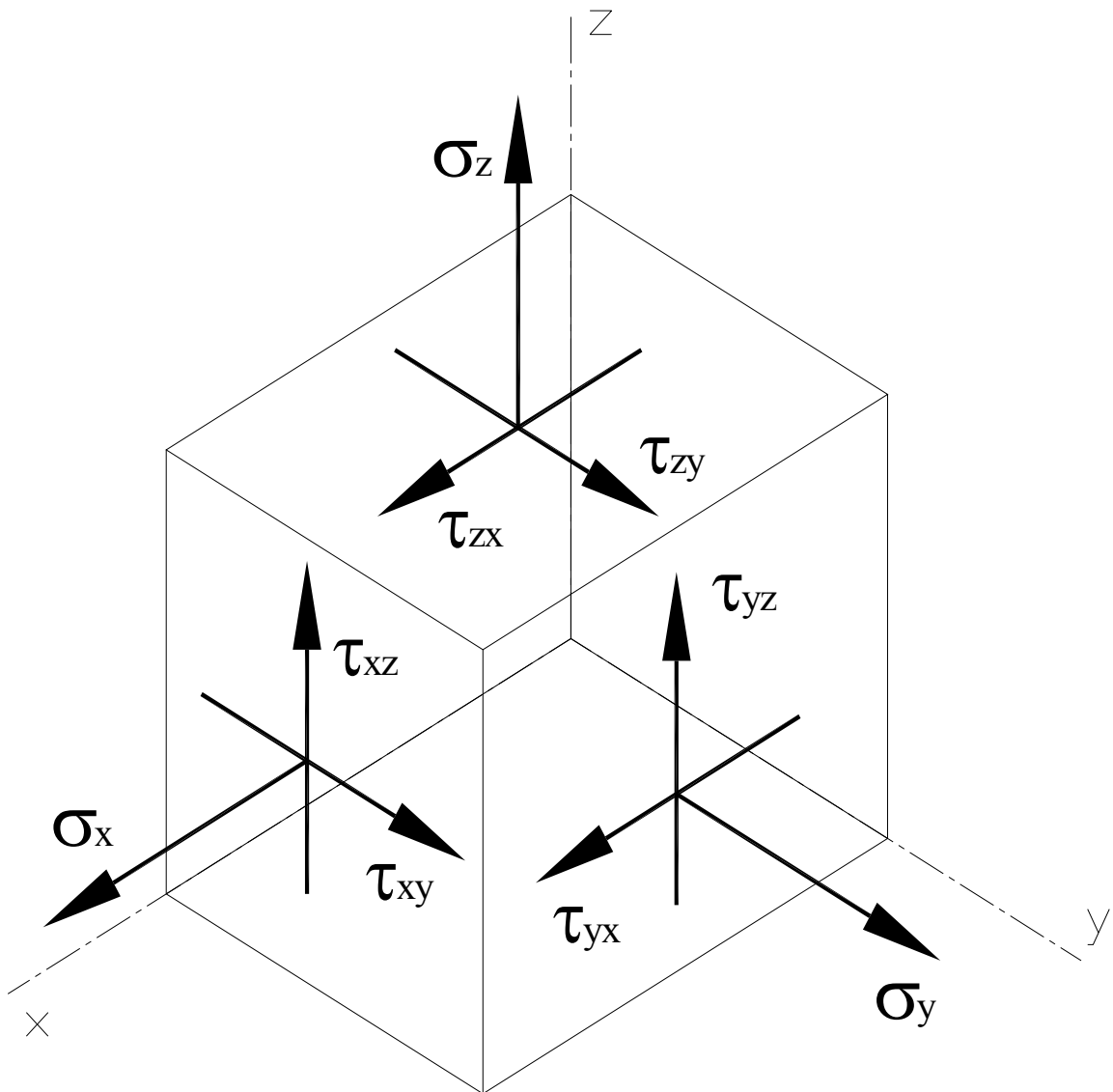


Рис. 4. К построению схемы напряженного состояния в точке

Таблица 4

Цифра шифра	Координатная ось, перпендикулярная площадке, свободной от напряжений	Нормальные напряжения, МПа			Касательные напряжения, МПа			$\alpha, ^\circ$
		σ_x	σ_y	σ_z	$\tau_{xy} = -\tau_{yx}$	$\tau_{xz} = -\tau_{zx}$	$\tau_{yz} = -\tau_{zy}$	
1	x	80	130	220	60	56	40	-25
2	y	100	205	-90	-33	50	-45	20
3	z	-150	-75	40	62	-83	36	-30
4	y	77	64	-96	-70	-64	-42	-16
5	z	-125	-38	79	25	64	-49	28
6	x	-76	50	84	-10	-38	43	12
7	z	90	-150	-64	-20	61	88	-22
8	x	-240	70	145	30	110	-70	15
9	y	80	210	-130	-40	-13	-90	-34
0	z	160	-150	95	90	18	38	24
Порядковый номер цифры шифра	3	1	2	3	1	2	3	1

Задача 5. Практические расчеты заклепочных и сварных соединений

Для выполнения стыкового соединения при помощи накладок (рис.5) двух стандартных профилей (двутавров – вариант I, швеллеров – вариант II) необходимо рассчитать:

а) для заданного варианта заклепочного соединения (рис.5,а) размеры накладок и требуемое количество заклепок заданного диаметра (табл.5), если $R=210 \text{ МПа}$, $R_s=130 \text{ МПа}$, $R_p=420 \text{ МПа}$;

б) для заданного варианта сварного соединения (рис.5,б) размеры накладок и длину фланговых швов с катетом, равным половине толщины стенки соединяемого двутавра или швеллера, если $R_w = 150 \text{ МПа}$.

Все элементы соединения должны удовлетворять условию равнопрочности. При расчете заклепочного соединения учесть, что отверстия под заклепки площадь поперечного сечения уменьшает приблизительно на 15%.

Исходные данные для расчетов приведены в табл. 5.

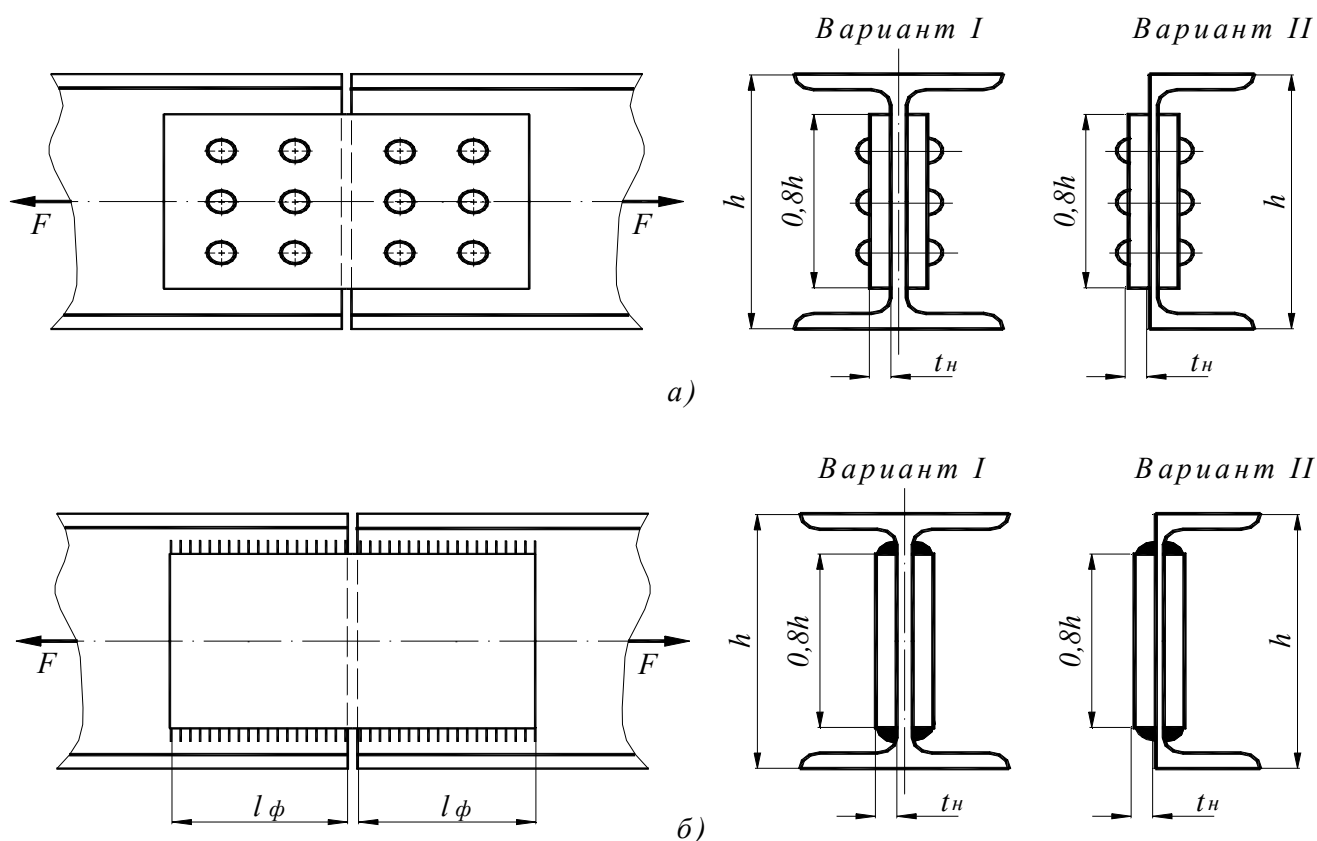


Рис. 5. Стыковое соединение балок из стандартных профилей при помощи накладок:
заклепочное – а, сварное – б

Таблица 5

Цифра шифра	Двутавр №	Швеллер №	Диаметр заклепки d , мм
1	24	-	23
2	22	-	17
3	27	-	20
4	-	18	14
5	-	20	17
6	-	24	20
7	-	33	23
8	30	-	27
9	30а	-	29
0	36	-	20
Порядковый номер цифры шифра	3		2

Задача 6. Геометрические характеристики плоских сечений

Определить положение главных центральных осей инерции и главные центральные моменты инерции несимметричного сечения (рис. 6), составленного из двух прокатных профилей, приведенных в табл. 6.

Вычертить сечение в масштабе и указать на нем все оси и размеры, используемые при расчетах.

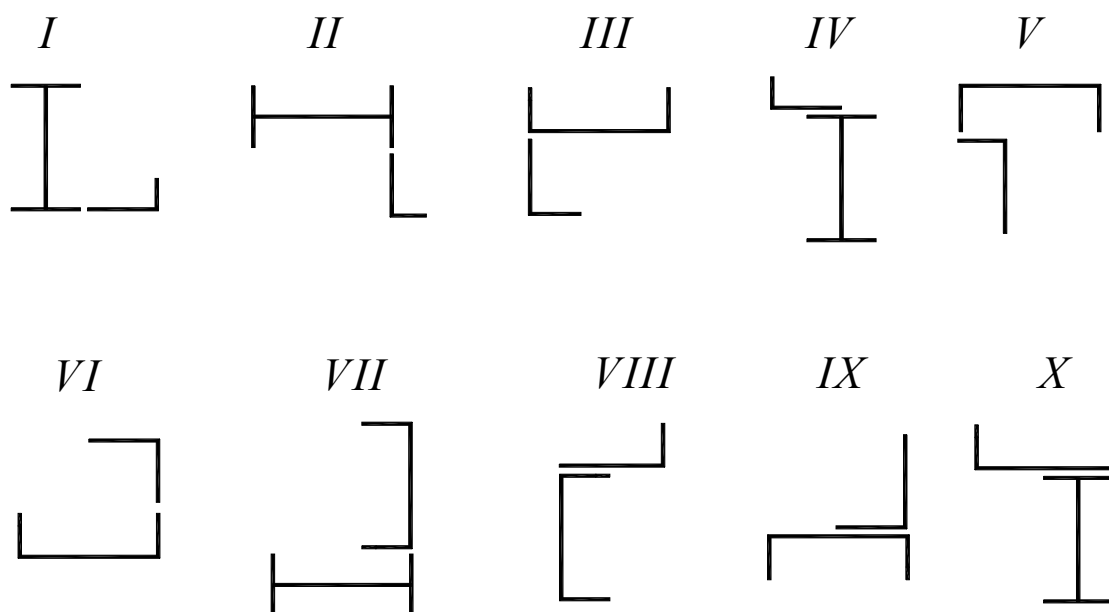


Рис. 6. Форма поперечного сечения

Таблица 6

Цифра шифра	Схема	Номер профиля		
		Двутавр	Швеллер	Уголок
1	I	14	8	11×7×0,8
2	II	16	10	12,5×8×1,2
3	III	18	12	10×6,3×0,8
4	IV	20	14	14×9×1,0
5	V	22	16	12,5×8×1,0
6	VI	24	18	16×10×0,9
7	VII	12	20	11×7×0,65
8	VIII	14	22	18×11×1,0
9	IX	16	24	9×5,6×0,8
0	X	18	27	10×6,3×1,0
Порядковый номер цифры шифра	3	1	2	3

Задача 7. Кручение ступенчатого бруса круглого сечения (статически определимая система)

Определить размеры поперечных сечений участков круглого стального бруса (рис.7) из условия прочности, если $R_s = 150 \text{ МПа}$. Определить максимальный угол закручивания бруса. Принять $G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Данные для расчетов в табл. 7.

Знак “минус” перед значением внешнего скручивающего момента говорит о том, что его направление противоположно указанному на рисунке.

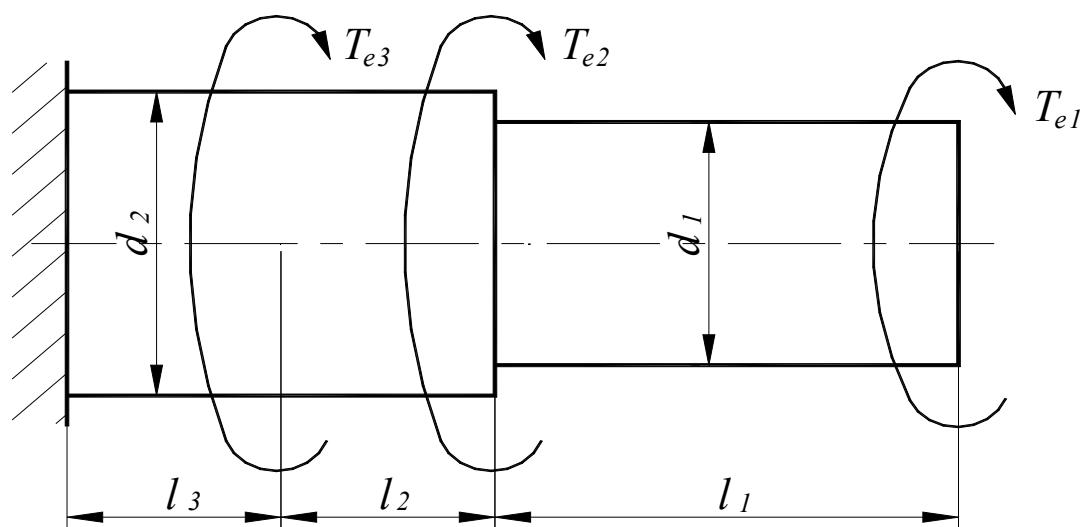


Рис. 7. К построению расчетной схемы ступенчатого статически определимого бруса

Таблица 7

Цифра шифра	Моменты пар сил, действующие в плоскости перпендикулярной оси бруса, $\text{кН}\cdot\text{м}$			Продольные размеры бруса, м			d_1/d_2
	T_{e1}	T_{e2}	T_{e3}	l_1	l_2	l_3	
1	1	4	2	0,2	0,3	0,4	0,8
2	2	3	-2	0,1	0,2	0,3	0,7
3	16	-12	1	0,3	0,2	0,1	1,2
4	-20	-15	13	0,6	0,5	0,4	1,5
5	5	22	1	0,5	0,5	0,4	0,8
6	-5	6	-2	0,3	0,7	0,2	1,4
7	6	-23	3	0,6	0,6	0,5	0,7
8	-1	13	-3	0,2	0,1	0,1	0,6
9	6	5	-1	0,4	0,3	0,4	1,3
0	3	-8	13	0,2	0,1	0,2	1,5
Порядковый номер цифры шифра	3			2			1

Задача 8. Кручение бруса (статически неопределимая система)

Построить эпюры крутящих моментов, касательных напряжений и углов поворота сечений бруса (рис.8). Проверить прочность и крутильную жесткость бруса, если $R_s = 75 \text{ МПа}$, $[\theta] = 0,02 \text{ рад/м}$, $G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

Исходные данные для расчета приведены в табл. 8. Моменты со знаком “минус” имеют противоположное указанному на рис. 8 направление.

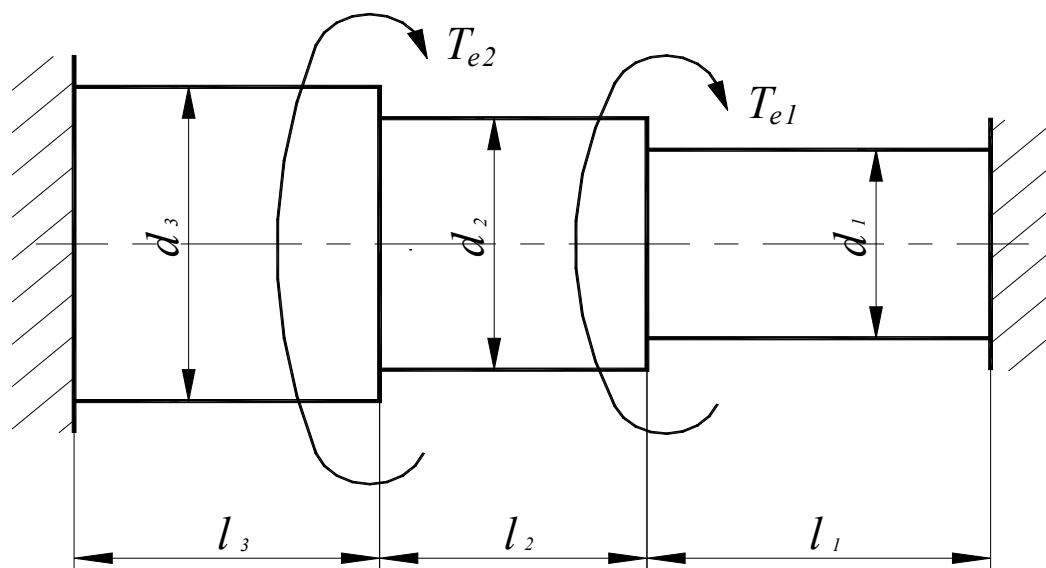


Рис. 8. К построению расчетной схемы ступенчатого статически неопределимого бруса

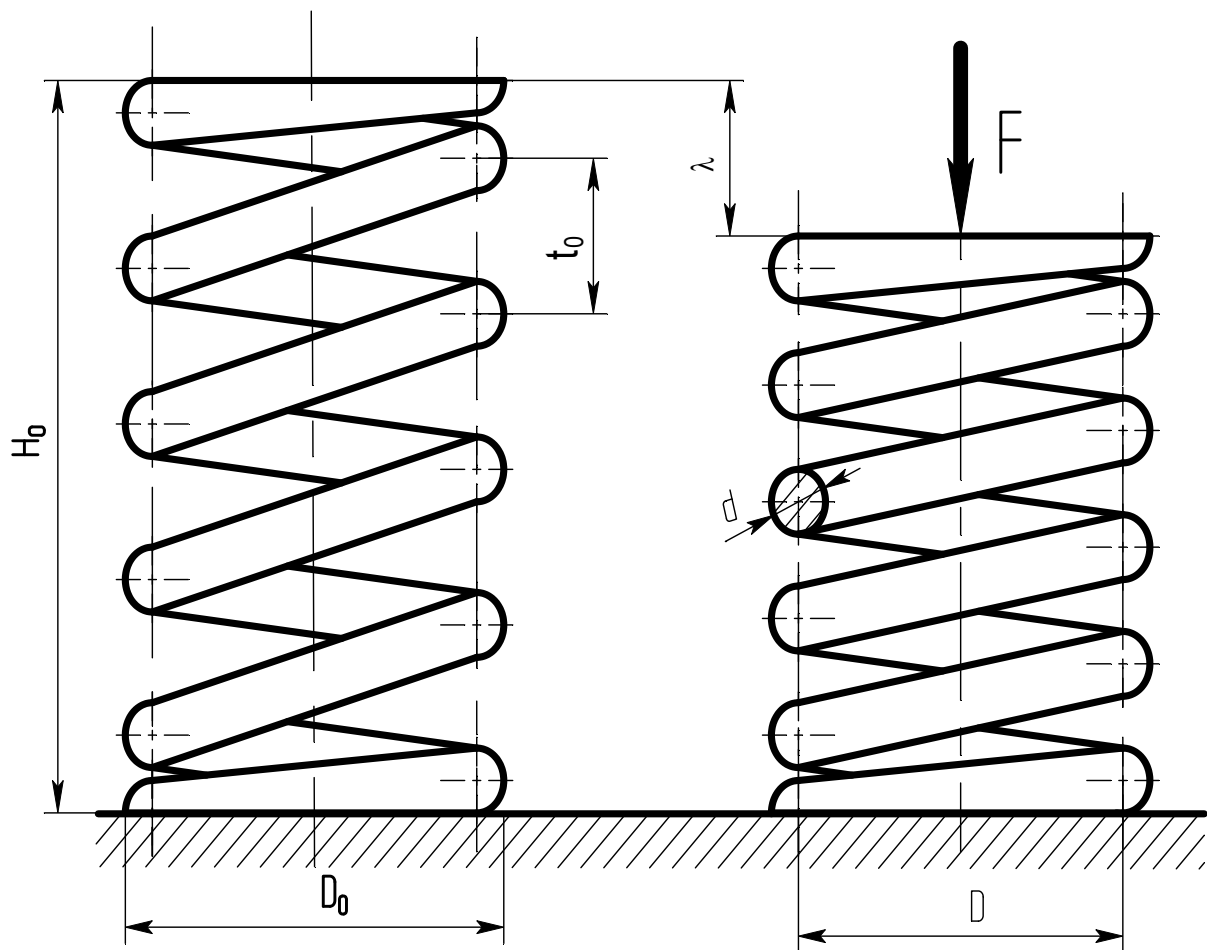
Таблица 8

Цифра шифра	Моменты, $кН\cdot м$		Продольные размеры бруса, $м$			Диаметры, $мм$		
	T_{e1}	T_{e2}	l_1	l_2	l_3	d_1	d_2	d_3
1	7,5	6,5	0,2	0,3	0,3	80	90	100
2	8,0	-5,0	0,3	0,3	0,3	90	80	75
3	-8,5	-5,5	0,2	0,2	0,2	70	80	75
4	15	5,0	0,4	0,3	0,2	72	95	85
5	16	-5,5	0,4	0,4	0,3	65	75	80
6	-18	4,5	0,3	0,3	0,4	80	85	90
7	13	-6,0	0,2	0,3	0,4	72	82	95
8	7,0	-11	0,4	0,3	0,4	80	90	70
9	6,0	12	0,4	0,4	0,4	82	70	65
0	-15	2,5	0,2	0,2	0,4	85	68	92
Порядковый номер цифры шифра	1		2			3		

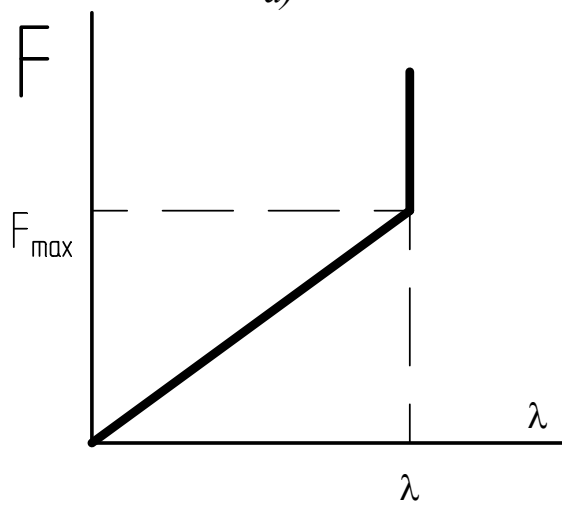
Задача 9. Цилиндрические витые пружины (статически определимая система)

Спроектировать цилиндрическую пружину сжатия (рис.9,а) со средним диаметром D из проволоки круглого сечения диаметром d , если задана характеристика пружины, то есть зависимость осадки λ от нагрузки F (рис.9,б). Определить шаг пружины t_0 и высоту H_0 пружины в недеформированном состоянии, если зазор Δ между витками при максимальной нагрузке F_{max} должен быть равен заданной величине. Наружный диаметр пружины D_0 и ее высота H_0 не должны превышать указанных предельных значений. Возникающие в пружине максимальные касательные напряжения не должны превышать величины допускаемого напряжения $[\tau]$. Модуль сдвига материала пружины $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа. Необходимые для расчета данные приведены в табл.9,а.

Значения поправочного коэффициента k при расчете пружин в зависимости от индекса пружины $c_{II} = \frac{D}{d}$ представлены в табл.9,б.



a)



б)

Рис.9. Цилиндрическая витая пружина сжатия – а, характеристика пружины – б

Таблица 9,а

Цифра шифра	F , кН	λ , мм	$[\tau]$, МПа	Δ , мм	$H_{0\max}$, мм	$D_{0\max}$, мм
1	4	25	540	1,0	180	160
2	10	40	450	0,8	200	200
3	5	36	330	0,5	220	180
4	7	50	700	2,0	150	130
5	9	28	200	1,5	250	250
6	11	32	420	1,2	100	150
7	6	45	680	2,2	130	110
8	12	60	800	2,5	240	100
9	8	20	300	3,0	90	240
0	3	55	250	1,8	110	140
Порядковый номер цифры шифра	3	1	2	3	1	2

Таблица 9,б

Зависимость поправочного коэффициента от индекса пружины

Индекс пружины c_D	4	5	6	7	8	9	10
Поправочный коэффициент k	1,42	1,31	1,25	1,21	1,18	1,16	1,14

Задача 10. Цилиндрические витые пружины (статически неопределимая система)

Две пружины (рис.10), свитые из проволоки диаметром d_1 и d_2 и числом витков n_1 и n_2 соответственно, работающие на сжатие, нагружены усилием F , приложенным к плите. В недеформированном состоянии высота наружной пружины отличается от высоты внутренней пружины на величину $\Delta h = H_{01} - H_{02}$. Средние диаметры пружин соответственно равны D_1 и D_2 . Модуль сдвига материала пружин $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа. Определить перемещение плиты, осадку, усилие и максимальное напряжение для каждой пружины. Необходимые для расчета данные приведены в табл.10.

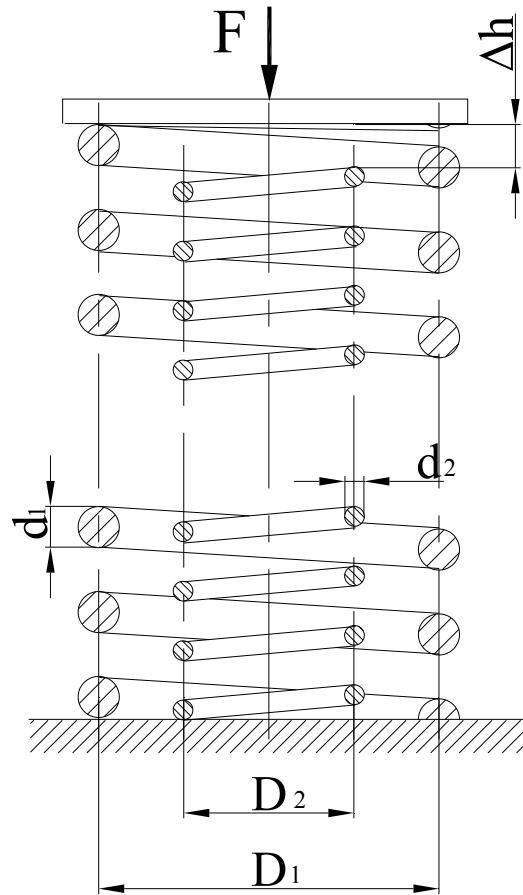


Рис. 10. Упругая система из двух витых пружин сжатия

Таблица 10

Цифра шифра	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$	$D_1, \text{мм}$	$D_2, \text{мм}$	n_1	n_2	$F, \text{кН}$	$\Delta h, \text{мм}$
1	20	12	160	60	10	8	4,2	20
2	18	14	144	70	12	10	3,1	14
3	12	8	120	56	11	9	6,2	30
4	16	12	128	48	8	8	5,3	-16
5	20	16	180	64	10	9	4,5	35
6	18	10	162	80	9	12	7,5	-22
7	12	12	120	84	13	10	3,3	20
8	14	10	140	80	10	12	6,8	18
9	16	12	144	84	16	11	4,8	-11
0	16	10	160	90	14	14	3,6	-13
Порядковый номер цифры шифра	2	3	2	3	1	2	3	1

Задача 11. Прямой поперечный изгиб (статически определимая балка)

Для заданных балок (рис.11, а, б) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов и подобрать сечение заданной формы (для консольной балки – прямоугольное, для двухопорной – из стандартного профиля). Материал консольной балки древесина ($R = 10 \text{ МПа}$ и $R_s = 6 \text{ МПа}$), двухопорной – сталь ($R = 210 \text{ МПа}$, $R_s = 130 \text{ МПа}$).

Исходные данные для расчета приведены в табл.11. Для сосредоточенной силы F и сосредоточенного момента m пары сил указано сечение приложения, для распределенной нагрузки интенсивности q – участок. Если значение нагрузки задано в таблице со знаком “минус”, то нагрузка имеет направление противоположное указанному на рисунке.

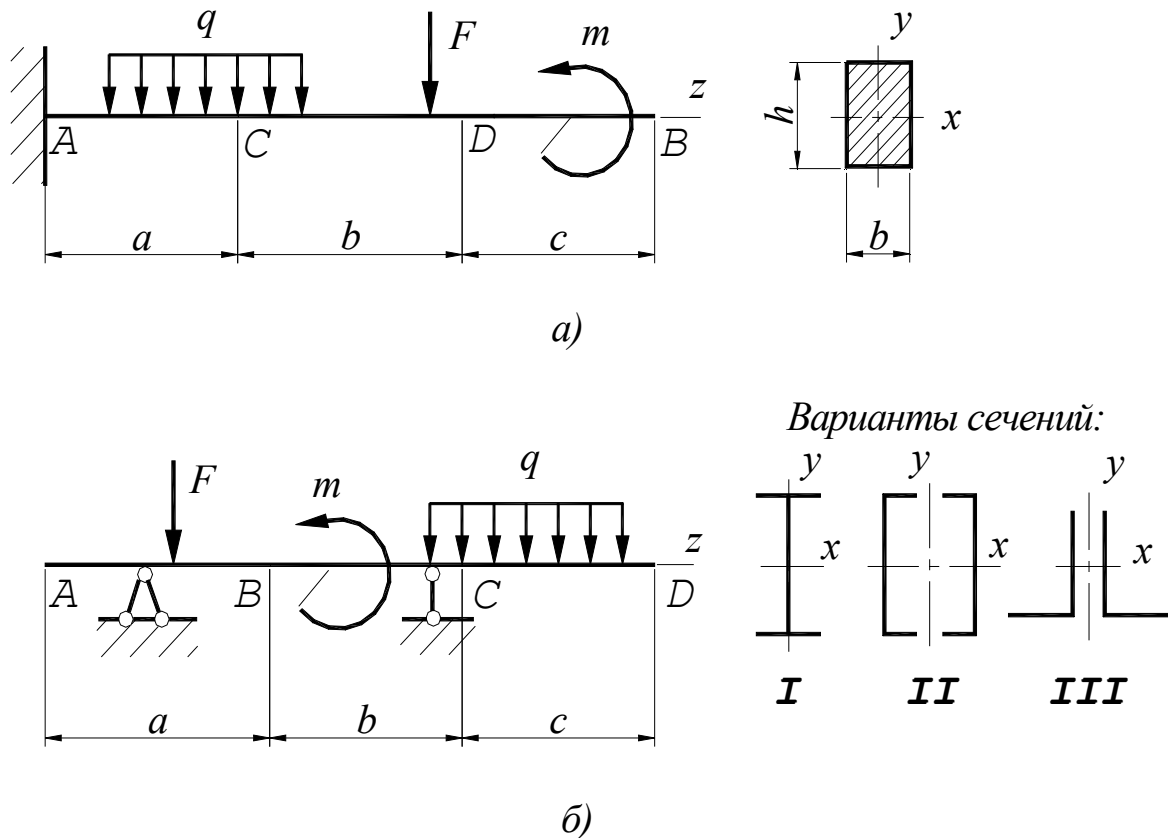


Рис. 11. К построению расчетной схемы балки: консольной прямоугольного сечения – а,
двухопорной балки с поперечным сечением из прокатных профилей – б

Таблица 11

Цифра шифра	Расположение опор (рис.11,б)	Нагрузка						Продольные размеры балки, м			Поперечное сечение балки	
		F, кН	Сечение приложения	m, кНм	Сечение приложения	q, кН/м	Участок	a	b	c	h/b	Прокатный профиль
1	В, С	30	В	27	С	10	АВ	2,3	1,3	3,2	2,0	І
2	А, С	-40	D	-63	В	-8	АС	1,3	2,4	3,0	3,0	ІІ
3	А, D	28	С	-31	D	6	AD	1,2	2,4	2,2	2,5	ІІІ
4	В, С	35	D	45	В	-12	BC	2,4	1,5	2,0	1,8	ІІ
5	А, D	-50	В	53	С	15	BD	1,5	2,2	1,4	2,4	І
6	D, А	55	В	-19	С	-8	CD	2,5	1,3	2,5	2,8	І
7	В, D	-36	С	25	D	10	АВ	2,4	2,4	2,0	3,2	ІІІ
8	В, С	52	D	-37	В	11	BC	3,5	1,5	2,5	1,6	ІІ
9	С, А	-44	В	-49	D	-14	CD	2,2	2,5	1,3	1,5	ІІІ
0	D, В	-48	В	55	В	16	AD	1,3	3,2	2,5	1,0	І
Порядковый номер цифры шифра	3			2		1		2			3	

Задача 12. Построение эпюр внутренних силовых факторов для плоской статически определимой рамы

Для заданной рамы, построенной по данным таблиц 12, а, б на основе стержневой системы (рис.12), и состоящей из четырех стержней, жестко скрепленных друг с другом, построить эпюры продольных и поперечных сил и изгибающих моментов.

Сосредоточенную силу F и пару сил m прикладывать к свободному концу указанного участка, если участок свободного конца не имеет – к наиболее удаленному от опоры концу. Сосредоточенная сила и распределенная нагрузка направлены перпендикулярно к продольной оси балки.

Положительные силы F и интенсивности q следует направлять на горизонтальных участках сверху вниз, на вертикальных – слева направо. Отрицательные – в противоположную сторону. Положительный момент m пары сил следует направлять против часовой стрелки, отрицательный – по часовой.

Жесткая заделка (ЖЗ) или шарнирно-неподвижная опора (ШН) и опорный стержень (горизонтальный – ГО или вертикальный – ВО) устанавливаются в указанной точке схемы. Стержни, не входящие в схему, на рисунке не указываются.

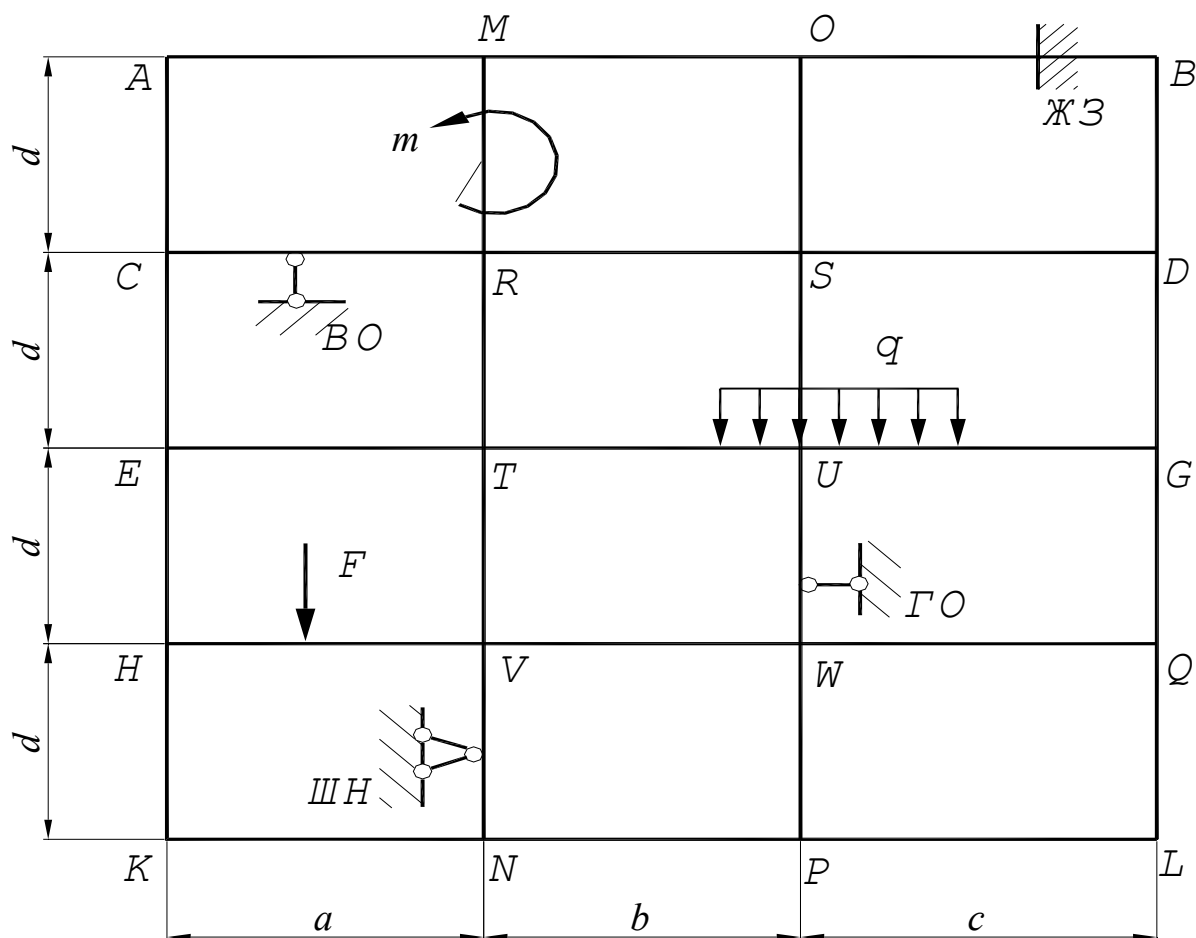


Рис. 12. К построению расчетной схемы плоской статически определимой рамы

Таблица 12,а

Цифра шифра	Участки рамы				Расположение опор (участок)				Расположение нагрузки (участок)				
	I	II	III	IV	ЖЗ	ШН	ГО	ВО	m_1	m_2	F_1	F_2	q
1	AB	BG	GT	GQ	-	I	-	IV	I	II	III	-	IV
2	AB	AK	KP	PU	I	-	-	-	IV	III	-	II	I
3	AK	KP	PO	PL	-	I	-	IV	III	IV	-	I	II
4	EG	GB	GL	LN	I	-	-	-	IV	-	III	II	I
5	CR	RD	RN	DQ	-	IV	III	-	I	-	II	III	IV
6	CR	RM	RD	RV	-	III	IV	-	-	I	II	III	IV
7	MR	RD	DQ	QH	IV	-	-	-	-	II	IV	I	III
8	AM	MT	TG	GL	-	IV	-	I	II	IV	III	-	I
9	LK	KC	CD	DQ	-	I	IV	-	III	I	-	IV	II
0	HW	WQ	WS	SD	-	I	-	IV	II	-	I	IV	III
Порядковый номер цифры шифра	3				2				1				

Таблица 12,б

Цифра шифра	Размеры участков, м				Нагрузка					
	a	b	c	d	$m_1, кН·м$	$m_2, кН·м$	$F_1, кН$	$F_2, кН$	$q_1, кН/м$	
1	2,0	1,6	1,8	1,2	4	-6	9	-11	3	
2	2,4	1,8	1,0	1,6	-7	-5	12	10	6	
3	1,6	1,0	1,2	1,8	6	4	-10	13	5	
4	1,4	1,2	1,6	2,0	-9	-12	7	11	8	
5	1,8	2,0	2,0	1,4	8	-8	-7	-9	-6	
6	1,2	2,4	1,4	2,2	11	15	12	-10	4	
7	2,8	1,4	2,2	1,0	12	-14	8	-16	-7	
8	2,0	1,6	2,4	1,8	10	-15	11	14	-4	
9	1,6	2,2	1,4	2,8	16	-18	15	20	10	
0	1,2	1,0	2,6	1,6	-14	16	12	-17	6	
Порядковый номер цифры шифра	2				1		2		3	

Задача 13. Дифференциальное уравнение упругой линии

Построить эпюры углов поворота поперечных сечений и линию прогибов для заданных балок, используя метод непосредственного интегрирования дифференциального уравнения упругой линии для двухопорной балки квадратного сечения (рис.13,а) и метод начальных параметров для консольной балки круглого сечения (рис.13,б). Размеры балок определить из условия прочности. Материал балок сталь

($E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $R = 210$ МПа).

Расположение опор, нагрузок и продольные размеры балок представлены в табл. 13. Если при построении расчетной схемы сечение приложения сосредоточенной силы или момента совпадает с жесткой заделкой, то соответствующую нагрузку следует приложить в сечении на противоположном конце балки. Нагрузки, заданные со знаком “минус”, имеют направление, противоположное указанному на рисунке.

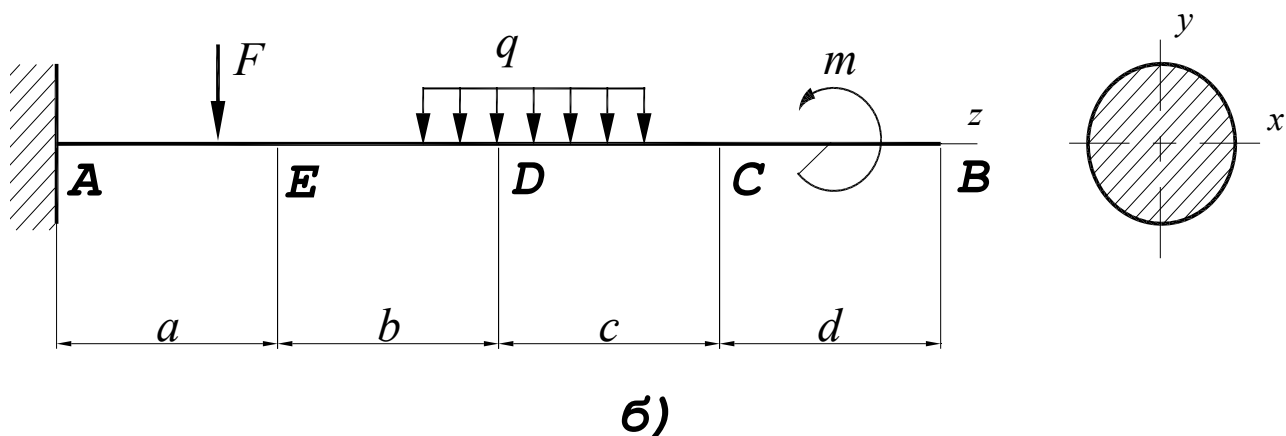
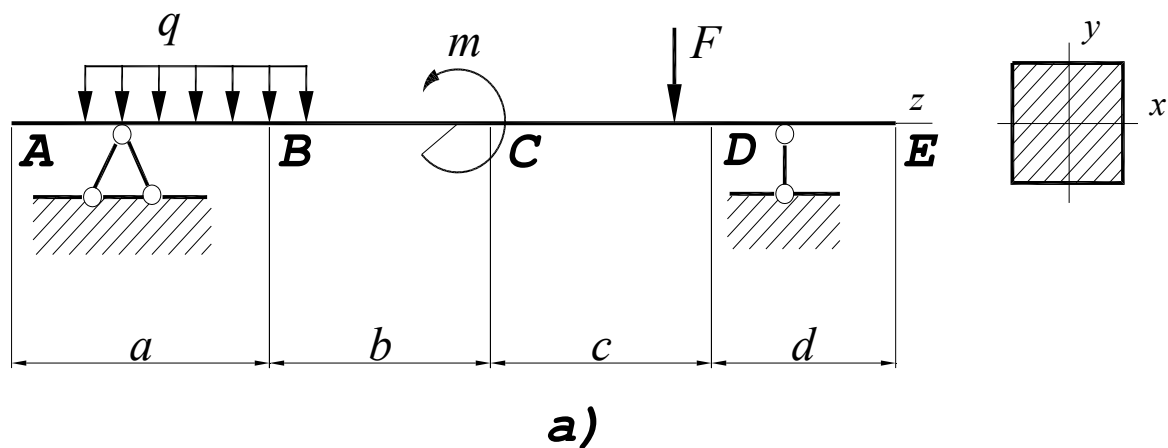


Рис.13. К построению расчетной схемы: двухопорной балки квадратного сечения – а,
консольной балки круглого сечения – б

Таблица 13

Цифра шифра	Нагрузка						Опоры			Продольные размеры балки, м				
	<i>F</i>		<i>m</i>		<i>q</i>		Шарнирно- неподвижная (а)	Опорный стержень (а)	Жесткая заделка (б)	а	b	с	d	
	<i>kH</i>	Сечение	<i>kHm</i>	Сечение	<i>kH/м</i>	Участок								
1	30	Е	10	С	5	АВ	А	Д	А	1,5	1,8	2,3	2,5	
2	42	С	18	А	-8	АС	В	Е	В	1,2	1,7	2,4	2,2	
3	28	В	-20	С	10	AD	Е	А	В	1,4	2,8	1,4	1,2	
4	- 36	Д	-19	В	-6	СЕ	С	Е	А	2,2	1,8	2,6	3,2	
5	25	Е	14	В	12	BC	Д	В	А	1,2	1,5	2,3	2,1	
6	2	С	-33	Д	16	BE	Д	А	В	3,2	2,6	1,2	2,2	
7	- 20	А	41	Е	14	АС	С	В	В	2,2	1,0	1,5	3,2	
8	- 34	Д	13	В	8	DE	А	С	А	1,6	1,2	2,4	2,2	
9	48	А	22	С	-10	CD	Е	В	В	2,3	1,6	3,2	1,6	
0	26	В	-25	Е	18	AE	А	Е	А	2,4	0,9	2,3	1,2	
Порядковый номер цифры шифра	1	3	2	3	1	2	3			2	1			

Задача 14. Вычисление интеграла Мора по способу Верещагина при определении перемещений в статически определимых системах

Определить методом Мора максимальные значения углов поворота сечений и прогибов балок (рис.13, а, б), используя данные задачи 13.

Задача 15. Определение перемещений узлов плоской фермы

Определить перемещение заданного узла плоской статически определимой фермы (рис.15), состоящей из стержней одинакового сечения, в следующих случаях:

а) от внешней нагрузки, приложенной в указанном узле и образующей заданный угол γ с положительным направлением вертикальной оси y (угол отсчитывается против хода часовой стрелки);

б) в результате изменения температуры (нагрева или охлаждения) стержней фермы на Δt , если коэффициент линейного расширения материала стержней $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

в) после монтажа фермы со стержнем, длина которого меньше или больше номинального размера на Δl

$$(\Delta l = l - l_{\text{ном}}).$$

Исходные данные для расчета приведены в табл. 15.

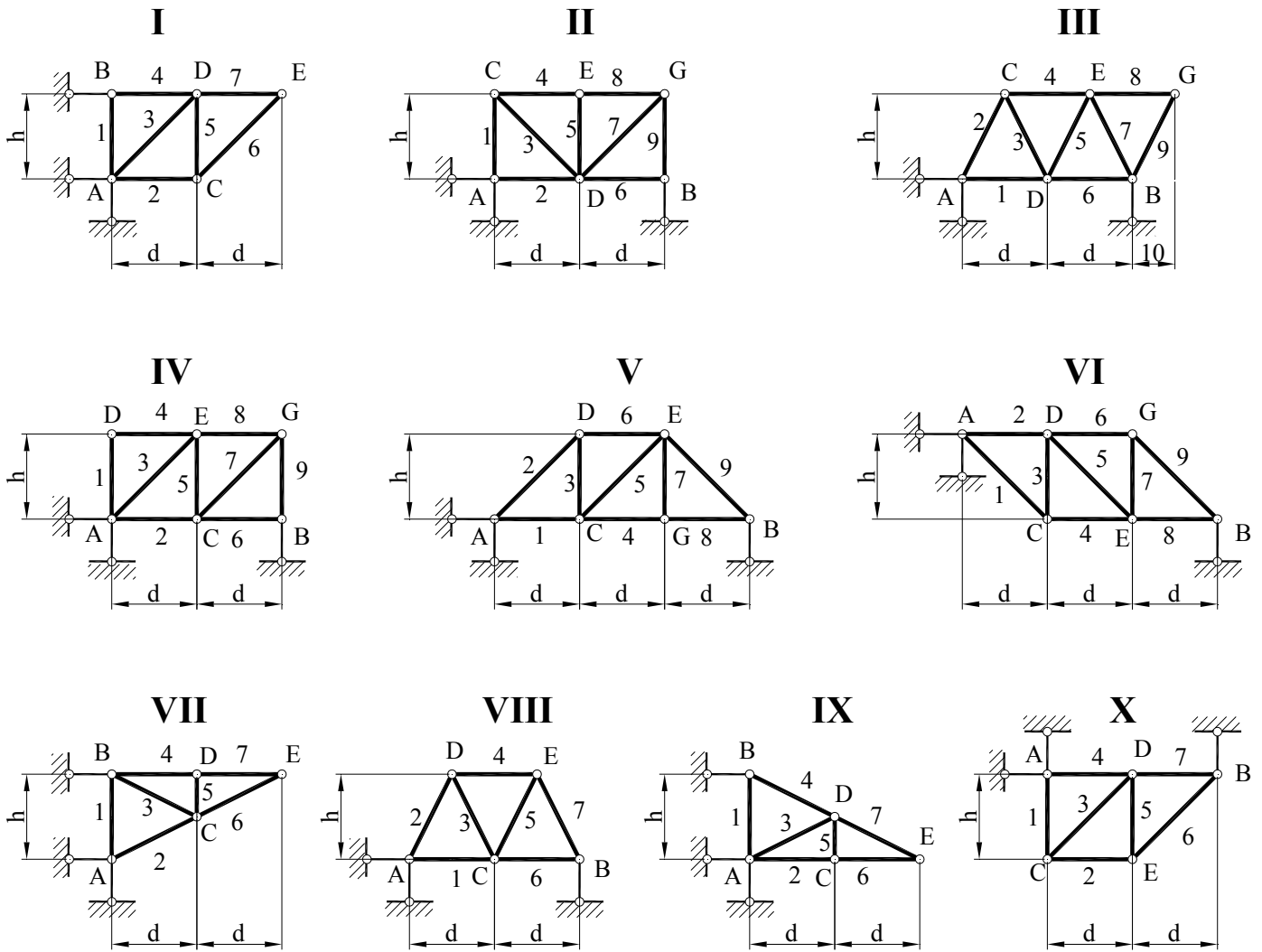


Рис.15. Плоская статически определимая ферма

Таблица 15

Цифра шифра	Схема (рис.15)	d , м	h , м	Внешняя нагрузка			Изменение температуры Δt , °C	Дислокационное воздействие		Определить перемещение узла
				Узел	γ , град	F , кН		Стержень	$\Delta l/l$	
1	I	2	2	C	150	50	35	3	0,005	E
2	II	3	4	D	60	96	25	8	- 0,003	G
3	III	1,5	1,2	E	120	36	40	5	0,004	G
4	IV	2,5	2,5	D	330	48	52	1	- 0,007	C
5	V	4	3,6	E	45	75	18	9	0,008	E
6	VI	5	4	C	240	20	29	4	0,012	D
7	VII	2,2	1,8	E	300	16	63	6	- 0,01	E
8	VIII	3	2,5	D	210	60	33	2	- 0,009	C
9	IX	1,6	1,6	C	135	85	72	6	0,006	D
0	X	2	3	D	30	25	48	5	- 0,002	C
Порядковый номер цифры шифра	3	2	1	2	1	2	3	1	3	

Задача 16. Метод сил (статически неопределимая балка)

Для заданной стальной балки (рис.16) подобрать размеры двутаврового сечения, если $R = 210 \text{ МПа}$ и $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Исходные данные для расчета приведены в табл.16. Нагрузки, указанные в таблице со знаком “минус” имеют направление, противоположное указанному на рисунке.

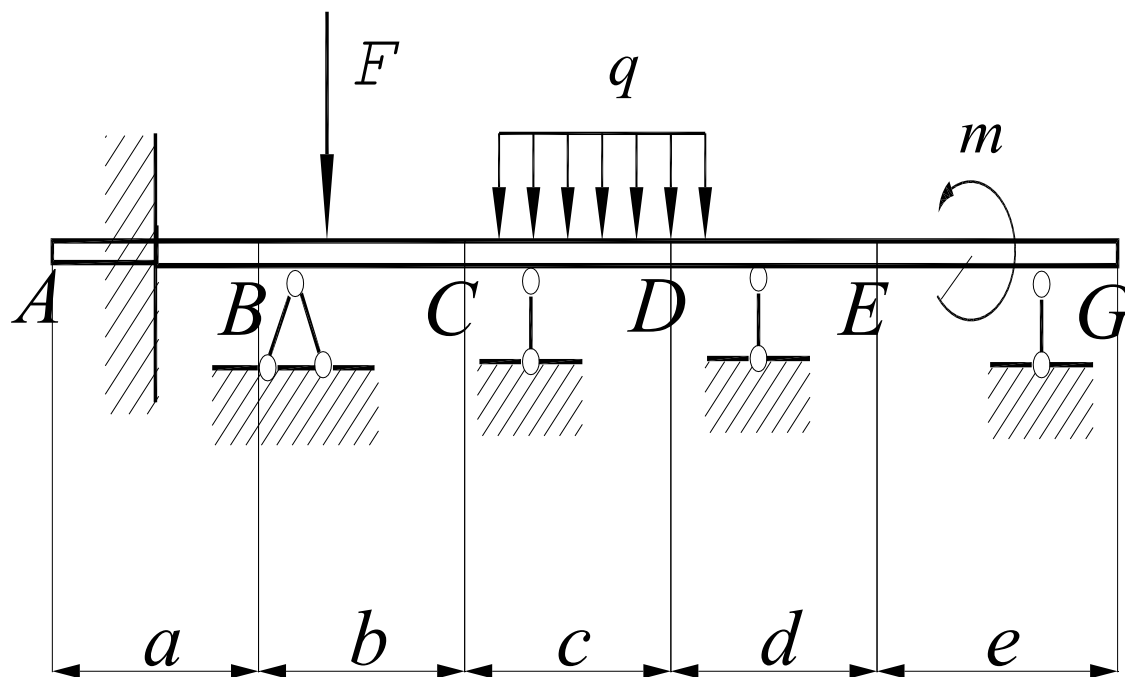


Рис. 16. К построению расчетной схемы статически неопределимой балки

Таблица 16

Цифра шифра	Нагрузка						Опоры			Продольные размеры балки, м				
	F , kH	точка приложения	m , kHm	точка приложения	q , kH/m	участок	жесткая заделка	шарнирно неподвижная	опорный стержень	a	b	c	d	e
1	42	B	-15	G	6	DE	A	-	C,E	2,4	2,4	1,8	1,2	1,2
2	- 33	D	14	E	4	BD	B	-	D,G	1,2	1,5	1,3	1,2	1,3
3	19	G	12	A	7	CE	-	B	A,D,E	1,3	1,2	1,4	2,2	1,2
4	24	B	36	D	-8	CG	-	A	C,D,G	1,5	2,2	2,5	2,4	1,8
5	- 51	E	40	C	10	AC	G	-	B,D	1,8	1,2	1,6	1,5	1,5
6	36	B	25	D	-12	BC	E	-	A,C	1,6	2,6	2,5	1,8	2,5
7	27	C	-32	E	14	AB	-	G	A,B,D	2,4	1,4	1,6	1,3	2,3
8	46	B	19	G	9	CE	-	E	A,C,D	2,3	2,4	2,5	1,6	2,3
9	- 22	C	6	D	-5	AG	-	A	B,D,G	2,4	2,7	2,7	1,8	2,5
0	16	D	-5	B	13	BE	A	-	C,G	1,6	2,5	1,9	2,8	1,8
Порядковый номер цифры шифра	1	3	2	3	1	2	3			2				

Задача 17. Метод сил (статически неопределимая рама)

Для заданной статически неопределимой рамы построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил. При составлении расчетной схемы воспользоваться данными табл.17,а и рис.17. Указанные в таблице опоры, силы и моменты изображать в начале заданного участка, распределенные нагрузки – по всей длине участка. Силу следует прикладывать в середине участка, если в начале этого участка установлена любая опора. Момент прикладывать в середине участка только в том случае, если в начале этого участка установлена жесткая заделка.

Нагрузки, указанные в таблице со знаком “минус” имеют направление, противоположное указанному на рисунке.

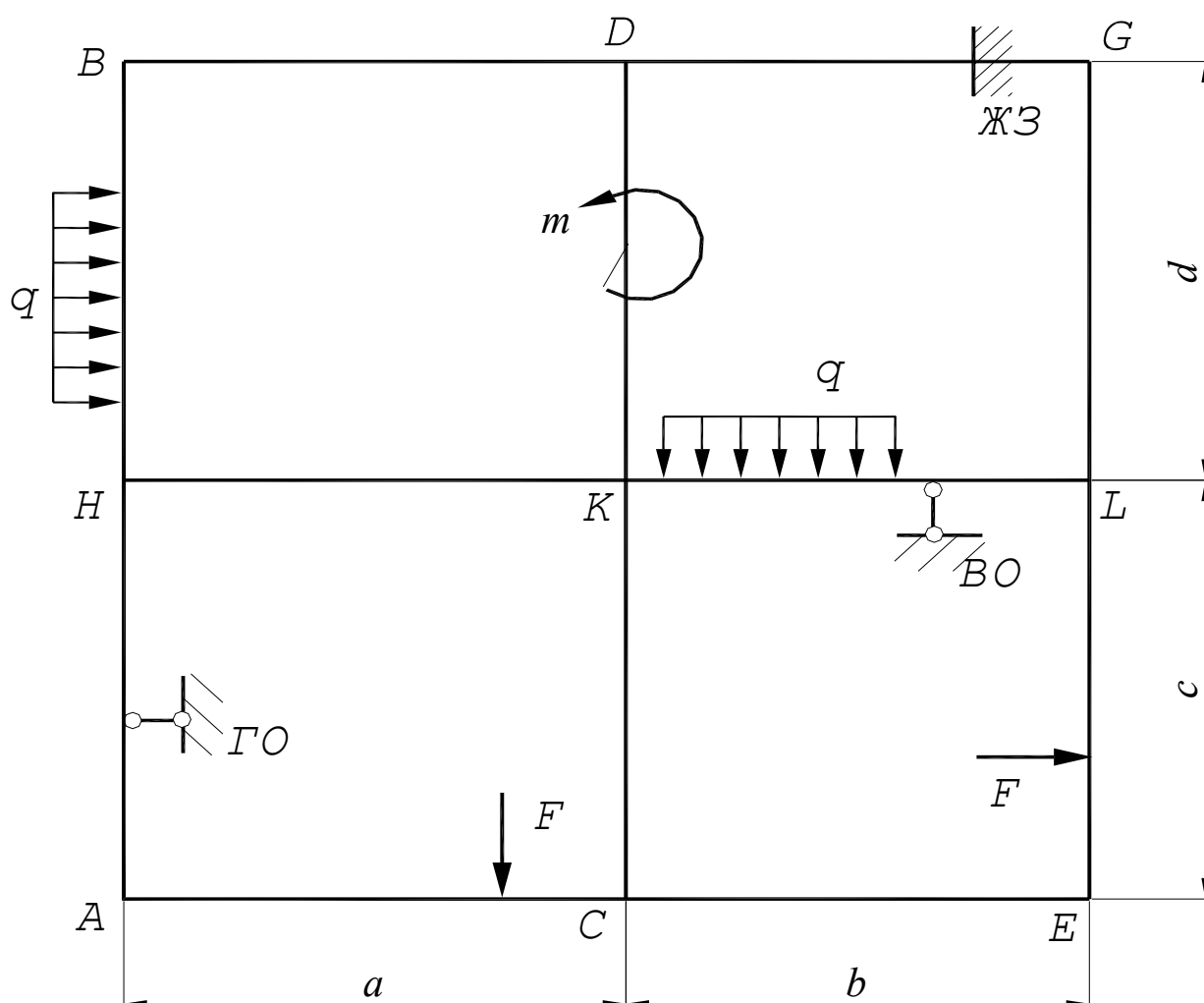


Рис. 17. К построению плоской статически неопределимой рамы

Таблица 17,а

Цифра шифра	Участки рамы				Расположение опор (участок)			Расположение нагрузки (участок)					
	I	II	III	IV	жесткая заделка	горизонтальная опора	вертикальная опора	m_1	m_2	F_1	F_2	q_1	q_2
1	AH	BH	LH	EL	I	IV	IV	I	-	II	III	IV	-
2	HK	DK	CK	EC	II	III	IV	III	-	I	-	II	IV
3	GD	BD	CD	AC	IV	I	I	I	II	III	-	IV	-
4	EC	DC	AC	HA	I	II	II	II	-	III	IV	I	-
5	LK	CK	HK	BH	II	IV	I	III	-	IV	-	I	II
6	GL	EL	HL	AH	IV	I	II	IV	III	II	-	I	-
7	CK	DK	HK	BH	I	IV	II	I	-	II	-	IV	III
8	AC	KC	EC	GE	II	I	III	II	-	IV	I	III	-
9	HL	GL	EL	CE	IV	III	I	III	I	II	-	IV	-
0	BH	LH	AH	EA	I	II	III	IV	-	I	-	II	III
Порядковый номер цифры шифра	3				2			1					

Таблица 17,б

Цифра шифра	Размеры участков, м				Нагрузка						
	a	b	c	d	$m_1, кН·м$	$m_2, кН·м$	$F_1, кН$	$F_2, кН$	$q_1, кН/м$	$q_2, кН/м$	
1	2,0	1,6	1,8	1,2	4	-6	9	-11	3	-5	
2	2,4	1,8	1,0	1,6	-7	-5	12	10	6	-4	
3	1,6	1,0	1,2	1,8	6	4	-10	13	5	5	
4	1,4	1,2	1,6	2,0	-9	-12	7	11	8	-5	
5	1,8	2,0	2,0	1,4	8	-8	-7	-9	-6	3	
6	1,2	2,4	1,4	2,2	11	15	12	-10	4	6	
7	2,8	1,4	2,2	1,0	12	-14	8	-16	-7	8	
8	2,0	1,6	2,4	1,8	10	-15	11	14	-4	-8	
9	1,6	2,2	1,4	2,8	16	-18	15	20	10	-9	
0	1,2	1,0	2,6	1,6	-14	16	12	-17	6	-4	
Порядковый номер цифры шифра	2				1		2		3		

Задача 18. Косой изгиб

Определить размеры поперечного сечения чугунного бруса (рис. 18), если расчетные сопротивления материала при растяжении и сжатии соответственно равны $R_t = 40 \text{ МПа}$ и $R_c = 90 \text{ МПа}$.

Нагрузки, заданные в табл. 18 со знаком “минус”, имеют направление, противоположное указанному на рисунке.

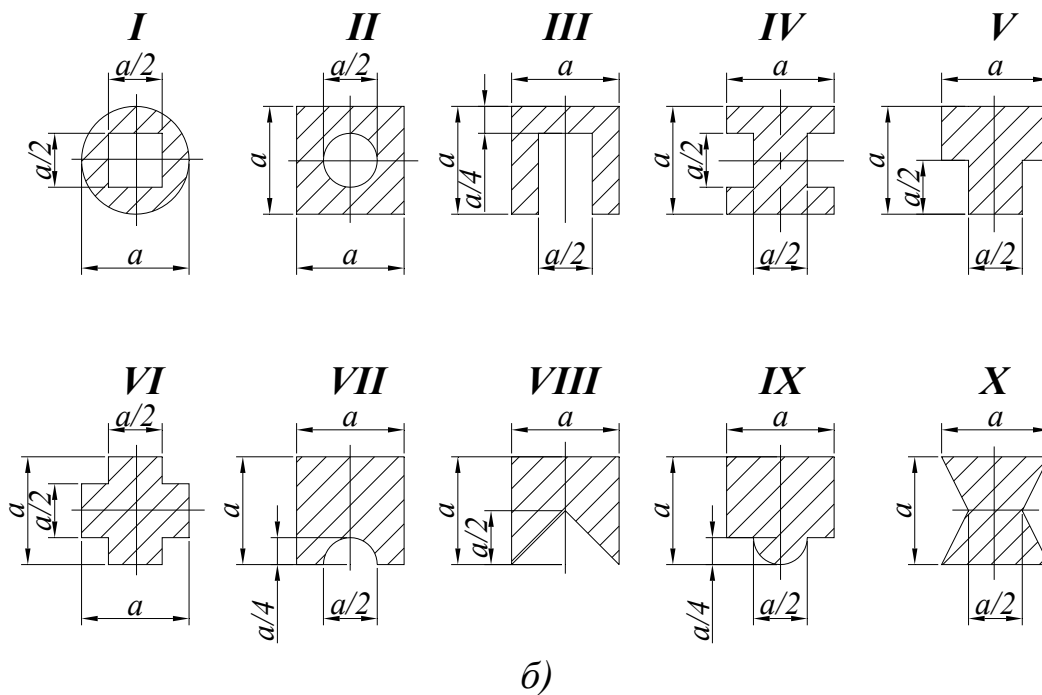
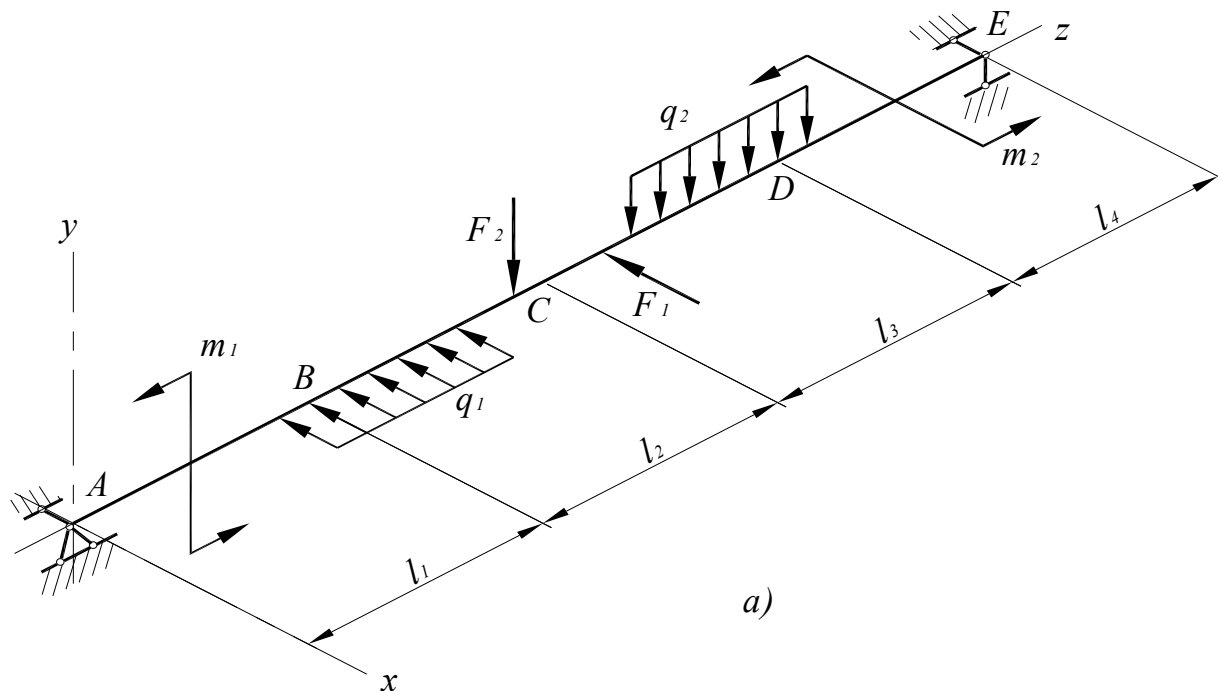


Рис. 18. К построению расчетной схемы бруса – а, поперечного сечения бруса – б

Таблица 18

Цифра шифра	Нагрузка												Продольные размеры балки, м				Форма поперечного сечения (рис. 18, б)
	F_1 , кН	Точка приложения	F_2 , кН	Точка приложения	m_1 , кН·м	Точка приложения	m_2 , кН·м	Точка приложения	q_1 , кН/м	Участок	q_2 , кН/м	Участок	l_1	l_2	l_3	l_4	
1	12	В	16	-	4	D	7	-	10	-	12	AC	1,6	1,4	2,2	1,0	I
2	-8	-	18	В	-6	С	9	-	13	BD	-8	-	2,4	2,0	2,6	2,8	II
3	16	С	-14	-	8	-	11	D	-11	CE	10	-	2,4	2,5	1,5	1,5	III
4	32	D	20	-	-10	В	-13	-	11	-	-12	BE	2,5	1,5	2,0	2,4	IV
5	-21	-	-27	D	-12	E	12	-	9	AB	11	-	2,6	1,3	1,6	2,0	V
6	24	-	31	С	11	-	10	В	-7	-	13	AD	2,4	2,5	2,5	2,0	VI
7	36	-	-22	В	9	-	-8	С	5	BC	14	-	2,2	1,6	1,2	1,4	VII
8	18	С	13	-	-7	D	6	-	-4	-	-10	CE	1,2	1,8	2,4	1,6	VIII
9	-30	-	29	D	5	E	-5	-	6	-	-9	BD	2,5	2,4	1,8	1,5	IX
0	28	В	-11	-	-13	-	4	E	8	AE	7	-	2,6	1,4	2,0	1,6	X
Порядковый номер цифры шифра	2	3	1	3	2	3	1	3	2	3	1	3	1				2

Задача 19. Пространственная стержневая система

Для заданного ломаного пространственного бруса, состоящего из трех стальных прямолинейных элементов круглого сечения, совпадающих с ребрами прямоугольного параллелепипеда (рис.19), определить диаметр поперечного сечения из условия прочности по гипотезе наибольших касательных напряжений. При расчетах принять $R = 210 \text{ МПа}$.

Первая точка в обозначении ломаного бруса (табл.19) соответствует жесткой заделке, последняя – свободному концу бруса. Нагрузки, указанные в таблице со знаком “минус”, имеют направление, противоположное указанному на рисунке.

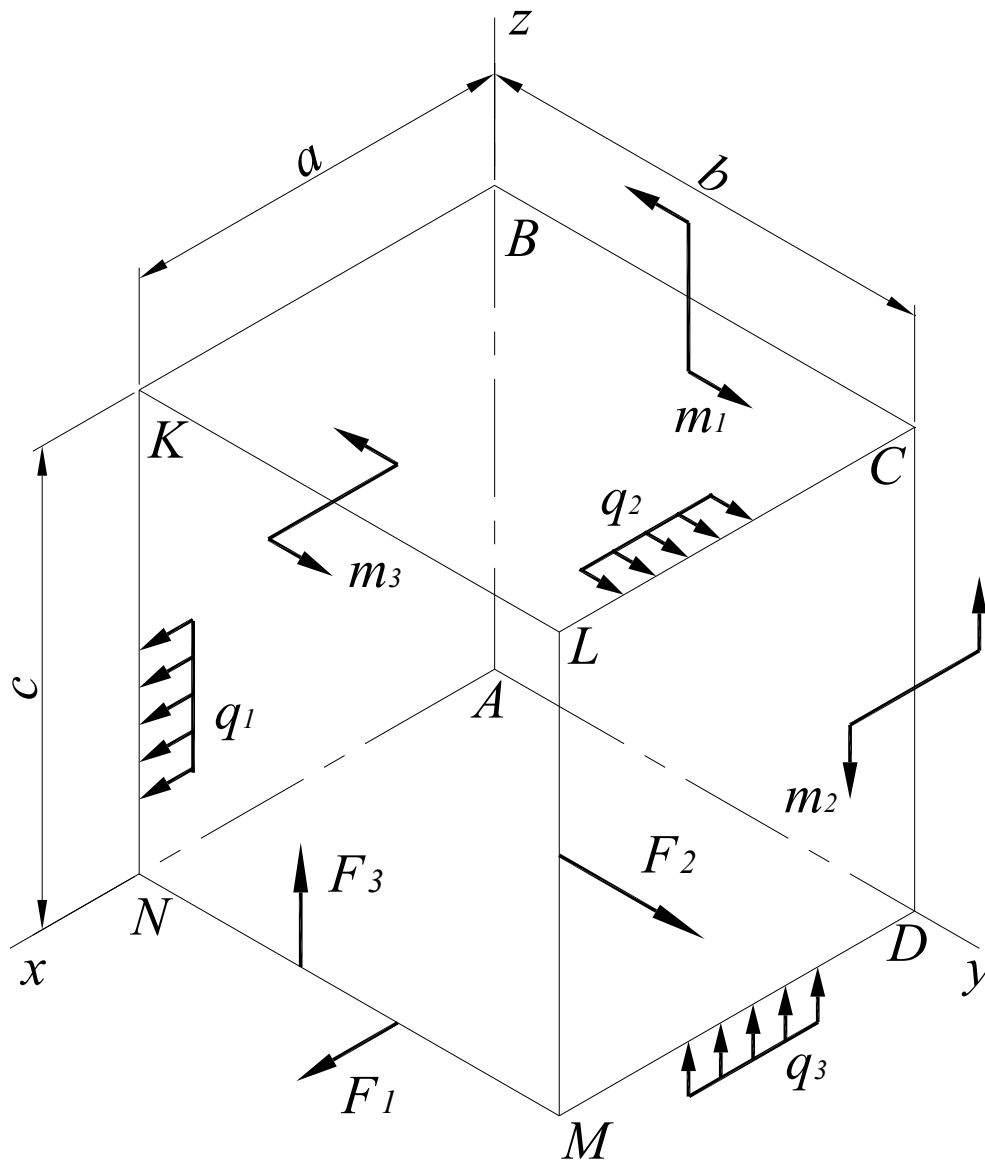


Рис. 19. К построению пространственного ломаного бруса

Таблица 19,а

Цифра в шифре	Обозначение ломаного бруса	Положение заделки	Длины участков, м		
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1	KLMD	К	0,6	0,4	0,2
2	BKLM	В	0,5	0,6	0,4
3	CLMW	С	0,4	0,5	0,6
4	ADCL	А	0,3	0,4	0,5
5	NKBC	Н	0,8	0,6	0,4
6	DMLK	Д	0,7	0,8	0,2
7	MLCB	М	0,6	0,7	0,4
8	DMNK	Д	0,5	0,7	0,9
9	NMLC	Н	0,3	0,8	0,5
0	BCLM	В	0,8	0,2	0,7
Порядковый номер цифры шифра	3		1	2	3

Таблица 19,б

Цифра шифра	Нагрузка																	
	F_1 , кН	точка приложе ния F_1	F_2 , кН	точка приложе ния F_2	F_3 , кН	точка приложе ния F_3	m_1 , кН· м	точка приложе ния m_1	m_2 , кН· м	точка приложе ния m_2	m_3 , кН· м	точка приложе ния m_3	q_1 , кН/ м	участ ок q_1	q_2 , кН/ м	участ ок q_2	q_3 , кН/ м	участ ок q_3
1	12	L	10	-	8	-	14	-	16	D	11	-	40	-	-50	MD	60	-
2	10	-	12	M	- 10	-	-8	-	12	-	7	L	80	-	60	-	50	KB
3	16	-	9	-	5	M	10	-	6	-	9	N	50	LM	40	-	70	-
4	- 13	-	-8	C	6	-	11	L	10	-	13	-	60	AD	70	-	40	-
5	11	B	8	-	- 12	-	12	-	8	-	-5	K	70	-	50	-	-60	BC
6	-9	-	7	-	9	L	-7	-	9	K	6	-	50	-	80	ML	100	-
7	8	C	10	-	13	-	5	-	4	-	8	B	-60		-40	-	90	LC
8	15	-	11	K	-7	-	13	N	11	-	-10	-	70	KN	60	-	80	-
9	14	-	- 13	-	11	C	-9	-	7	L	12	-	-50	-	-70	ML	-60	-
0	- 10	M	- 12	-	- 10	-	-8	L	-6	-	-5	-	-40	-	-50	-	-50	BC
Порядко вый номер цифры шифра	2	3	1	3	2	3	1	3	2	3	1	3	2	3	2	3	1	3

Задача 20. Изгиб с кручением (расчет машинного вала)

Определить диаметр вала редуктора (рис.20) из условия прочности (по гипотезе удельной потенциальной энергии формоизменения), если передаваемая валом мощность равна P , а частота вращения вала – n .

На валу могут быть установлены (табл.20) либо шкив 1 и одно из зубчатых колес (2 или 3), либо два зубчатых колеса (2 и 3). При этом ведущим является в первом случае шкив 1, во втором – колесо 2. Зубчатое колесо 3 всегда ведомое. Для ведущего колеса 2 окружную силу F_{t2} следует направлять в сторону вращения вала. Силы натяжения ведомой и ведущей ветвей ремня связаны зависимостью $F_1' = 0,5F_1$, а радиальная и окружная силы в зацеплении – $F_r = 0,36F_t$. Точки приложения сил в зацеплении определяются углами φ_2 и φ_3 соответственно.

Для расчетов принять $R = 210 \text{ МПа}$, $a = 0,2 \text{ м}$.

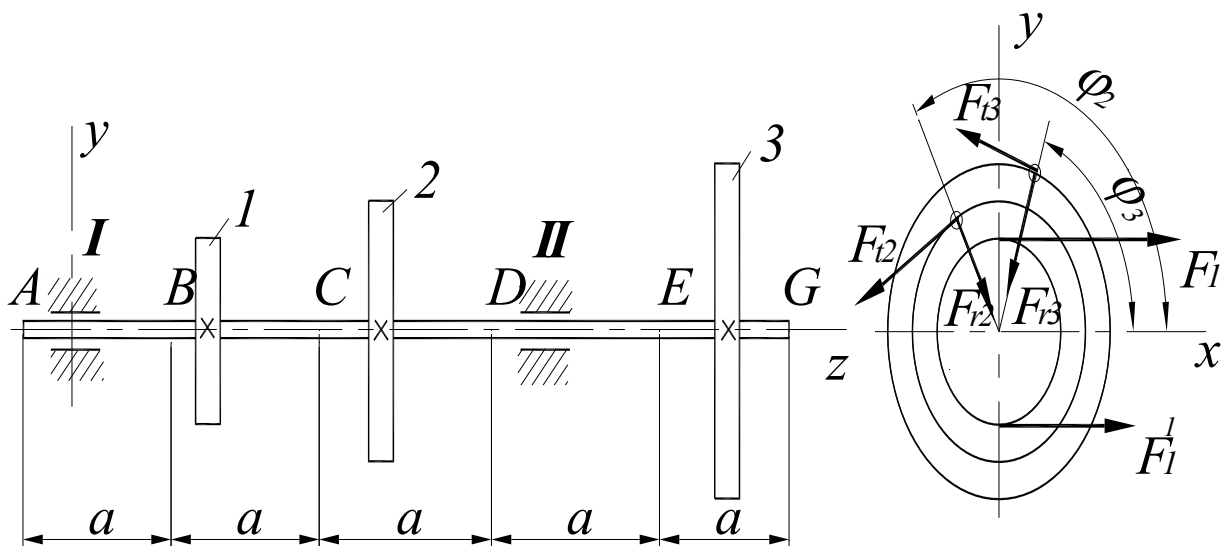


Рис. 20. К построению расчетной схемы вала редуктора

Таблица 20

Цифра шифра	Положение опор		Положение шкива и зубчатого колеса			Положение сил в зацеплении		Р, кВт	n, об/мин	Диаметры шкива и зубчатого колеса, мм		
	I	II	1	2	3	φ_2	φ_3			D ₁	D ₂	D ₃
1	A	G	B	-	D	90°	270°	7	600	180	210	240
2	B	E	-	A	C	0°	180°	11	850	120	200	180
3	A	E	G	-	D	270°	90°	9	760	135	180	155
4	B	G	A	E	-	180°	0°	15	450	140	120	90
5	A	D	G	-	E	270°	0°	4	210	200	150	250
6	C	G	A	D	-	0°	270°	13	730	130	100	110
7	A	G	E	C	-	90°	0°	6	450	220	170	110
8	B	G	-	E	A	180°	90°	8	610	200	100	160
9	A	E	-	D	G	270°	180°	12	840	210	135	175
0	B	E	G	C	-	180°	270°	14	780	115	205	95
Порядковый номер цифры шифра	3					2		1	2	3		

Задача 21. Внецентренное сжатие

Бетонная колонна заданного поперечного сечения внецентренно сжимается продольной силой F приложенной в указанной точке (табл.21). Расчетные сопротивления материала колонны: на растяжение $R_t = 1,4 \text{ МПа}$, на сжатие $R_c = 22 \text{ МПа}$. Проверить прочность колонны. Построить ядро сечения.

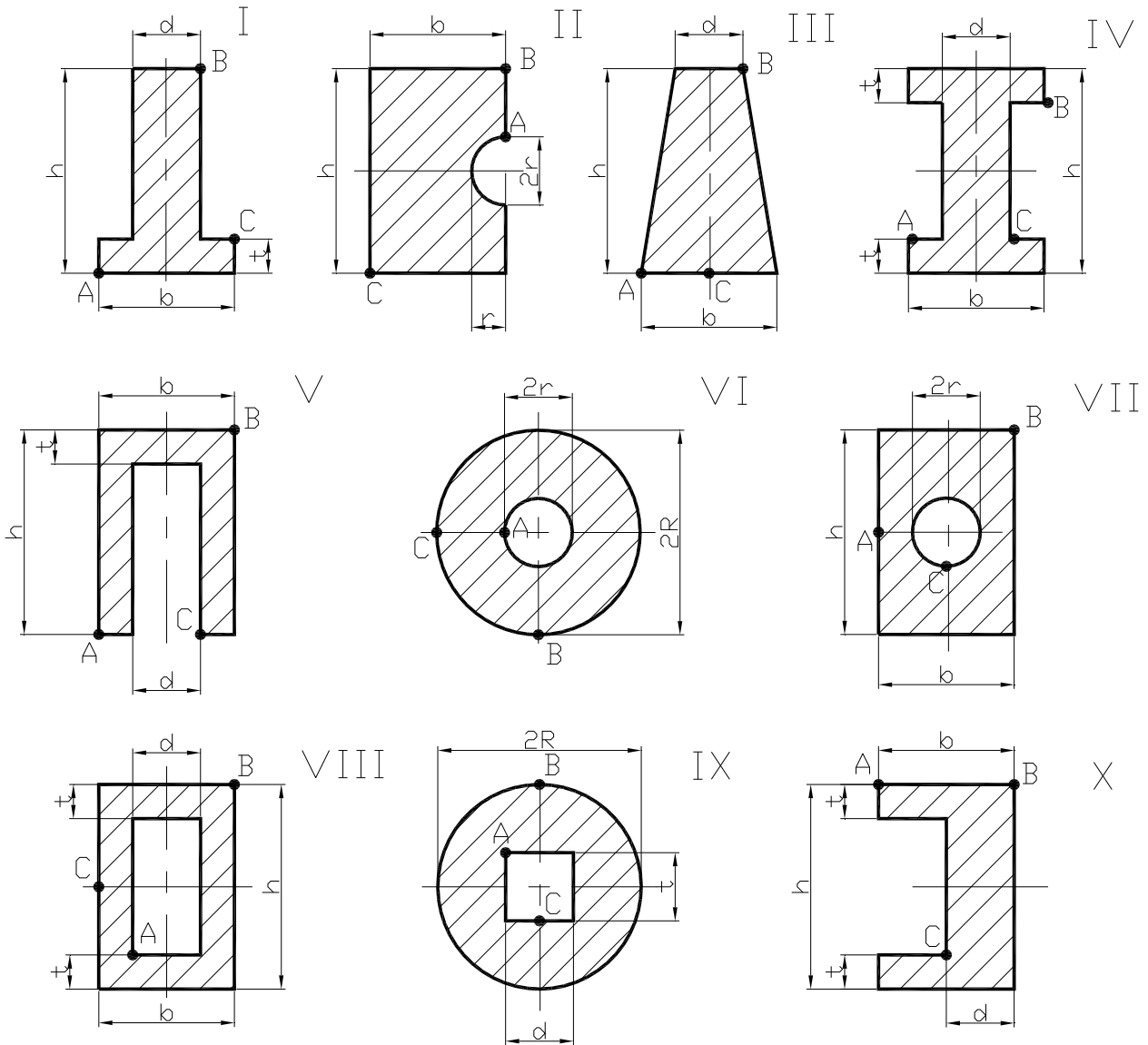


Рис. 21 Форма поперечного сечения колонны

Таблица 21

Цифра шифра	Поперечное сечение колонны (рис. 21)	Размеры поперечного сечения, см						F_1 , кН	Точка приложения F_1
		h	b	R	r	d	t		
1	I	120	100	90	40	20	20	500	A
2	II	100	90	80	30	10	15	650	B
3	III	90	80	80	40	15	10	430	C
4	IV	150	110	100	60	40	30	600	B
5	V	180	120	140	50	50	40	540	A
6	VI	200	150	160	80	60	50	420	C
7	VII	140	70	100	50	25	35	360	B
8	VIII	160	60	120	70	30	60	700	A
9	IX	110	130	110	30	80	25	480	C
0	X	130	140	130	20	70	20	620	A
Порядковый номер цифры шифра	3	1						2	3

Задача 22. Устойчивость сжатых стержней (допускаемое значение сжимающей силы)

Для стойки из стали заданной марки (табл.22) определить допускаемое значение сжимающей силы $[F]$, если задан коэффициент запаса устойчивости $[n]_y$. Схема закрепления стойки приведена на рис.22. Расчет выполнить для кольцевого и прямоугольного сечений стойки.

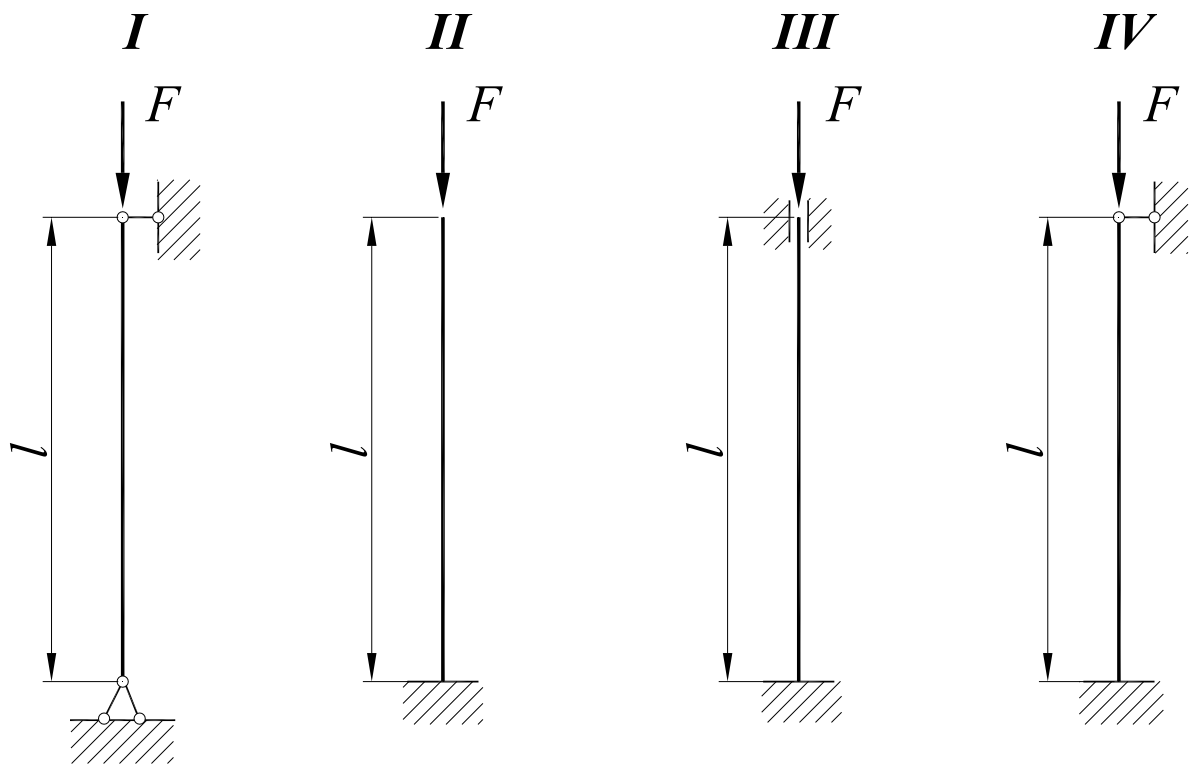


Рис. 22. Схема закрепления стойки

Таблица 22

Цифра шифра	Схема закрепления	Кольцевое сечение стойки		Прямоугольное сечение стойки		Длина стойки l , мм	$[n]_y$	Материал стойки (марка стали)
		d , мм	d_0/d	b , мм	h/b			
1	I	40	0,60	14	2,0	1,8	2,5	Ст.3
2	II	44	0,70	16	2,5	1,6	2,2	сталь 10
3	III	32	0,75	20	2,2	1,3	2,0	Ст.2
4	IV	28	0,65	22	2,0	2,2	1,8	15ГС
5	II	25	0,60	24	1,8	2,0	1,7	сталь 15
6	III	30	0,72	18	2,4	1,9	2,8	Ст.5
7	IV	45	0,55	16	3,0	1,4	2,7	сталь 10
8	I	42	0,75	14	2,0	2,5	2,3	Ст.3
9	III	36	0,65	21	2,2	2,7	3,0	сталь 25
0	IV	24	0,50	23	2,4	0,9	1,5	15ХСНД
Порядковый номер цифры шифра	3	2		1		3	2	1

Задача 23. Устойчивость сжатых стержней
(практические расчеты с использованием коэффициентов продольного изгиба)

Подобрать размеры поперечного сечения, составленного из стандартных профилей (двух двутавров, двух швеллеров или четырех уголков), сжатой стальной стойки (рис.22), обеспечив ее равноустойчивость. Принять для стали: расчетное сопротивление $R = 210 \text{ МПа}$, модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

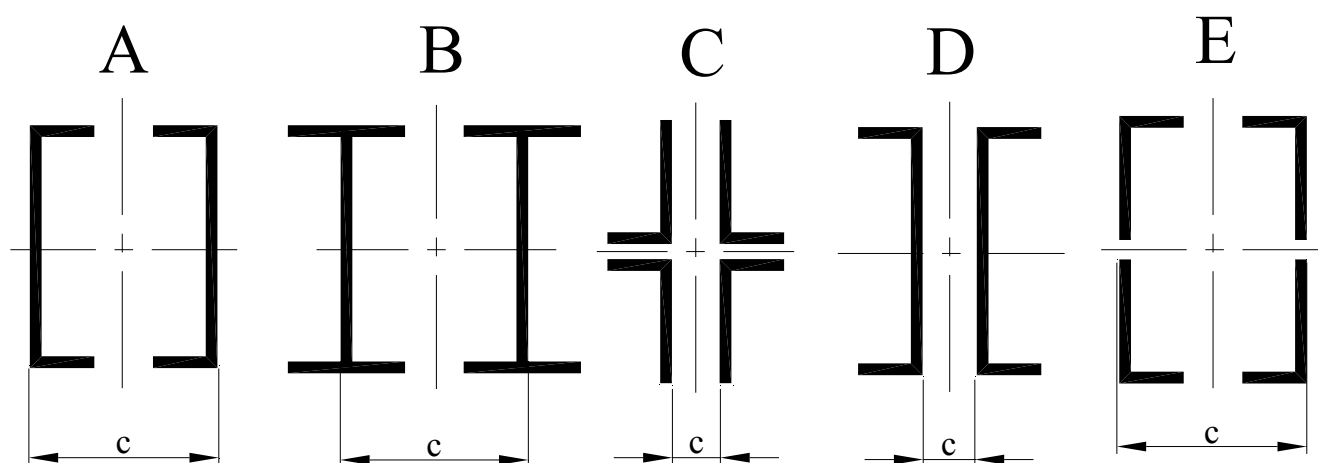


Рис.23. Форма поперечного сечения стойки

Таблица 23

Цифра шифра	Схема закрепления (рис.22)	Форма сечения (рис.23)	Сжимающая нагрузка F , кН	Длина стойки l , м
1	I	A	300	6,0
2	II	B	450	8,0
3	III	C	640	5,5
4	IV	D	720	4,8
5	II	E	500	6,4
6	III	B	810	7,2
7	IV	D	240	4,5
8	I	A	360	7,5
9	III	E	540	5,0
0	II	C	400	3,6
Порядковый номер цифры шифра	2	3	1	2

**Задача 24. Расчеты на прочность с учетом сил инерции
(вращение плоского ломаного бруса с постоянной угловой скоростью)**

Плоский ломаный стальной брус круглого поперечного сечения постоянного диаметра d вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг горизонтальной оси. Брус имеет четыре участка: участок 0 совпадает с осью вращения, участки I, II и III располагаются параллельно или перпендикулярно этой оси. Сосредоточенная масса m , закреплена на конце указанного участка. Удельный вес материала бруса $\gamma = 78,5 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$. Расчетное сопротивление $R = 210 \text{ МПа}$

Подобрать диаметр бруса из условия прочности.

Необходимые для построения расчетной схемы и расчета данные приведены в табл.24 и на рис.24.

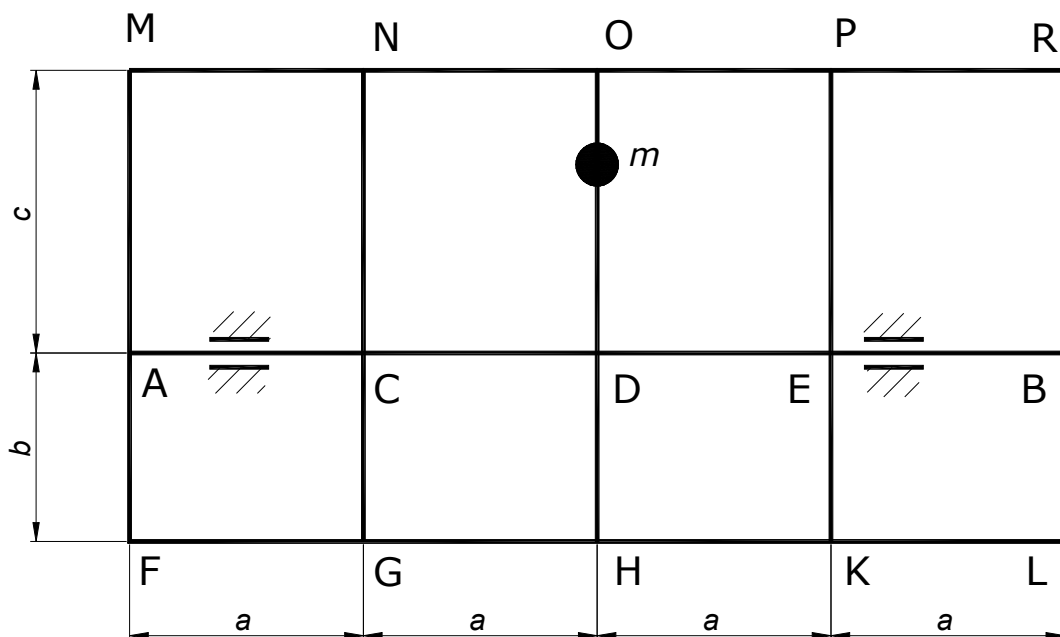


Рис.24. К построению расчетной схемы плоского ломаного бруса

Таблица 24

Цифра шифра	Участки стержня			Положение массы m	Положение опорных подшипников	Размеры стержня, м			$\omega, \text{ с}^{-1}$	$m, \text{ кг}$
	I	II	III			a	b	c		
1	CG	GF	EP	III	A, B	0,2	0,3	0,4	84	16
2	CN	MO	BR	II	A, E	0,3	0,4	0,5	130	20
3	AF	DO	NP	I	C, B	0,1	0,1	0,2	63	12
4	DH	HL	EP	II	A, B	0,2	0,2	0,1	100	33
5	AM	BL	LK	III	C, E	0,4	0,3	0,2	91	18
6	AF	FH	DO	I	C, B	0,3	0,5	0,2	69	22
7	BR	DH	GL	II	A, E	0,2	0,4	0,3	120	14
8	CG	GH	EK	III	A, B	0,5	0,3	0,4	75	25
9	LR	CG	GK	I	A, E	0,4	0,4	0,5	57	30
0	DH	HF	BR	III	C, E	0,3	0,3	0,4	110	11
Порядковый номер цифры шифра	3			2	3	1			2	1

Литература

1. Заяц, В.Н. Сопротивление материалов / В.Н. Заяц, М.К. Балыкин, И.А. Голубев. – Минск: Вышэйшая школа, 1997.
2. Александров, А.В. Сопротивление материалов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. – М., 1995.
3. Сопротивление материалов / А.Ф. Смирнов [и др.]. – М., 1975.
4. Никифоров, С.Н. Сопротивление материалов / С.Н. Никифоров. – М., 1966.
5. Дарков, А.В. Сопротивление материалов / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – М., 1975.
6. Сборник задач по сопротивлению материалов / А.В. Александров [и др.]. – М., 1977.
7. Сборник задач по сопротивлению материалов / В.К. Качурин [и др.]. – М., 1970.
8. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И.Н. Миролубов [и др.]. – М., 1962.
9. Балыкин, М.К. Сопротивление материалов: учебное пособие / М.К. Балыкин, В.А. Пенькевич, И.А. Голубев. – Минск, 2005.
10. Балыкин, М.К. Сборник заданий для расчетно-проектировочных работ / М.К. Балыкин, В.А. Пенькевич, И.А. Голубев. – Минск, 2003.
11. Атаров, Н.М. Примеры решения задач по сопротивлению материалов / Н.М. Атаров, Ю.Д. Насонкин. – М., 1990.
12. Винокуров, Е.Ф. Сопротивление материалов: расчетно-проектировочные работы / Е.Ф. Винокуров, А.Г. Петрович, Л.И. Шевчук. – Минск, 1987.
13. Методические указания к контрольным работам по сопротивлению материалов / В.А. Пенькевич [и др.]. – Минск, 1981.
14. Сборник заданий для курсовых работ по сопротивлению материалов / М.Н. Рудицин [и др.]. – Минск, 1973.
15. Пенькевич, В.А. Сопротивление материалов. Программа, контрольные работы и методические указания для студентов строительных специальностей / В.А. Пенькевич, М.К. Балыкин, И.А. Голубев. – Минск, 1965.
16. Любошиц, М.И. Геометрические характеристики сечений / М.И. Любошиц. – Минск, 1962.
17. Рудицин, М.Н. Расчетно-графические работы по сопротивлению материалов / М.Н. Рудицин. – Минск, 1957.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ»**

**РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНАЯ РАБОТА №1
по курсу «Сопроотивление материалов»**

Выполнил:

Студент группы 114 1XX

« ____ » _____ 200X г.

Проверил:

_____ П.В.

« ____ » _____ 200X

Шишлаков

г.

Минск 200X

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ)

Э

СОДЕРЖАНИЕ

Задача 1. Центральное растяжение (сжатие) бруса (статически определяемая система)	3
Задача 2. Центральное растяжение и сжатие ступенчатого бруса (статически неопределимая система)	5
Задача 5. Практические расчеты заклепочных и сварных соединений	7
Задача 6. Геометрические характеристики плоских сечений	9
Задача 7. Кручение бруса круглого сечения (статически определяемая система)	12
Задача 9. Прямой поперечный изгиб	14
Задача 10. Построение эпюр внутренних силовых факторов для плоской статически определимой рамы	17
Задача 12. Вычисление интеграла Мора по способу Верещагина при определении перемещений в статически определимых системах	20

					РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНАЯ РАБОТА		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
		Линевич			Лит.	Лист	Листов
		Шишлаков			2	16	
					БНТУ ФТК		

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 (УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЕ)

определимая система)

Задача 1. Центральное растяжение и сжатие бруса (статически

стали

Для заданного ступенчатого стального бруса, изготовленного из

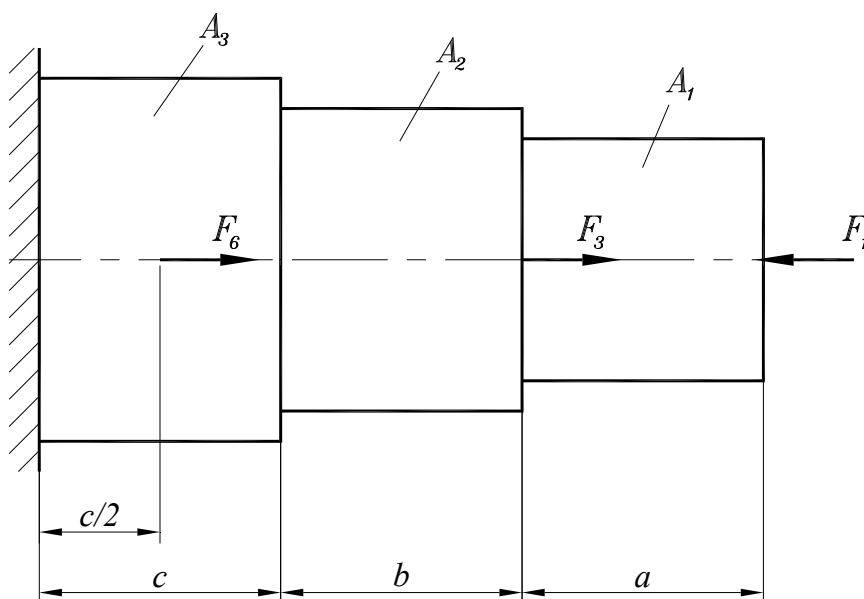
нормальных напряжений

($R=210$ МПа, $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа) построить эпюры продольных сил,

и перемещений поперечных сечений.

Исходные данные:

Площадь поперечного сечения, $см^2$		Продольные размеры бруса, м		Осевая нагрузка, кН				
1	2	3	4	1	2	3	4	5
,2	,8	,2	,4	,4	,4	28	6	



Решение.

1. Изображаем расчетную схему ступенчатого бруса в соответствии с исходными данными...

					РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНАЯ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3