Энгельсский технологический институт

ЭТИ СГТУ имени ГАГАРИНА Ю.А.

Д.А. Тихонов
А. А. Гильман

ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Энгельс 2024 г.

**Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»**

ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
к практическим занятиям по «Сопротивлению материалов»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

Энгельс - 2023

УДК 539.3 / .8
ББК 30.121
Г47

Г47 Тихонов Д.А., Гильман А. А. Задания к выполнению расчетно-графических и контрольных работ по сопротивлению материалов. Методические указания. - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023.- 21 с.

Рецензенты: к.ф.м.н., доцент кафедры «Естественные и математические науки» Энгельсского технологического института (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А. Серебряков А. В.
к.т.н., доцент кафедры «Оборудование и технологии обработки материалов» Энгельсского технологического института (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А. Козлов Г. А.

Методические указания содержат задачи для выполнения расчетно-графических и контрольных работ по дисциплине «Сопротивление материалов» и разделу «Сопротивление материалов» в дисциплинах «Механика» и «Прикладная механика» в соответствии с программой подготовки бакалавров. Приведены задачи по темам: «Растяжение – сжатие», «Кручение», «Изгиб», «Сложное сопротивление», «Устойчивость», «Динамические нагрузки».

Для студентов бакалавриата всех направлений подготовки.

УДК 539.3 / .8
ББК 30.121

Одобрено редакционно-издательским советом
ЭТИ (филиала) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Брошюра издается в авторской редакции

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

В данных заданиях приведены типовые задачи, решение которых необходимо освоить для полного изучения курсов «Сопротивление материалов», «Механика», «Прикладная механика». Количество выполняемых задач и их номера даются преподавателем конкретно для каждого направления и формы обучения.

Прежде чем приступить к решению задач необходимо тщательно изучить соответствующий теоретический материал.

Все данные, необходимые для решения задач в расчетно-графических и контрольных работах, даны в Приложении 1 и в условиях задач.

Для пользования таблицей 1 (Приложение 1), надо записать номер своего студенческого билета или зачётной книжки и под ним первые шесть букв русского алфавита, например:

Номер студенческого билета	1	3	2	7	0	4
Первые буквы алфавита	а	б	в	г	д	е

Тогда а = 1; б = 3; в = 2; г = 7; д = 10; е = 4.

Из каждого вертикального столбца таблицы 1 (Приложение 1), надо взять только одно число, стоящее в той горизонтальной строке, номер которой совпадает с номером расположенной внизу буквы. Например, вертикальные столбцы таблицы обозначены буквами: е, г, д. В этом случае, при указанном выше номере студенческого билета 1 2 3 7 0 4, студент должен взять из столбца е строку номер 4, из столбца г – строку номер 7 и из столбца д – строку номер 10.

Форма титульного листа расчетно-графических и контрольных работ приведена в Приложении 2.

Работы сдавать в напечатанном виде с формулами и рисунками, выполненными либо на компьютере, либо в рукописном варианте.

Решение каждой задачи надо начинать с её условия с числовыми данными и эскиза, с указанием на нем в числах всех величин, необходимых для расчета. Решение должно сопровождаться краткими, последовательными и грамотными объяснениями и чертежами, на которых все входящие в расчет величины должны быть показаны в числах.

ЗАДАЧИ ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

РАСЧЕТ СТУПЕНЧАТОГО БРУСА НА РАСТЯЖЕНИЕ–СЖАТИЕ

(Тема: «Центральное растяжение-сжатие».
Раздел: «Статически определимые системы».)

Для ступенчатого стального бруса круглого поперечного сечения, (рис. 1), выполненного из стали марки Ст. 3, имеющей предел текучести σ_T, модуль Юнга E, требуется:

1) построить по длине бруса эпюры продольных сил N, нормальных напряжений σ и перемещений поперечных сечений δ;
2) вычислить коэффициент запаса прочности бруса n.

Принять: $a = 0{,}1\ell_1$; $в = 0{,}1\ell_2$; $c = 0{,}1\ell_3$.

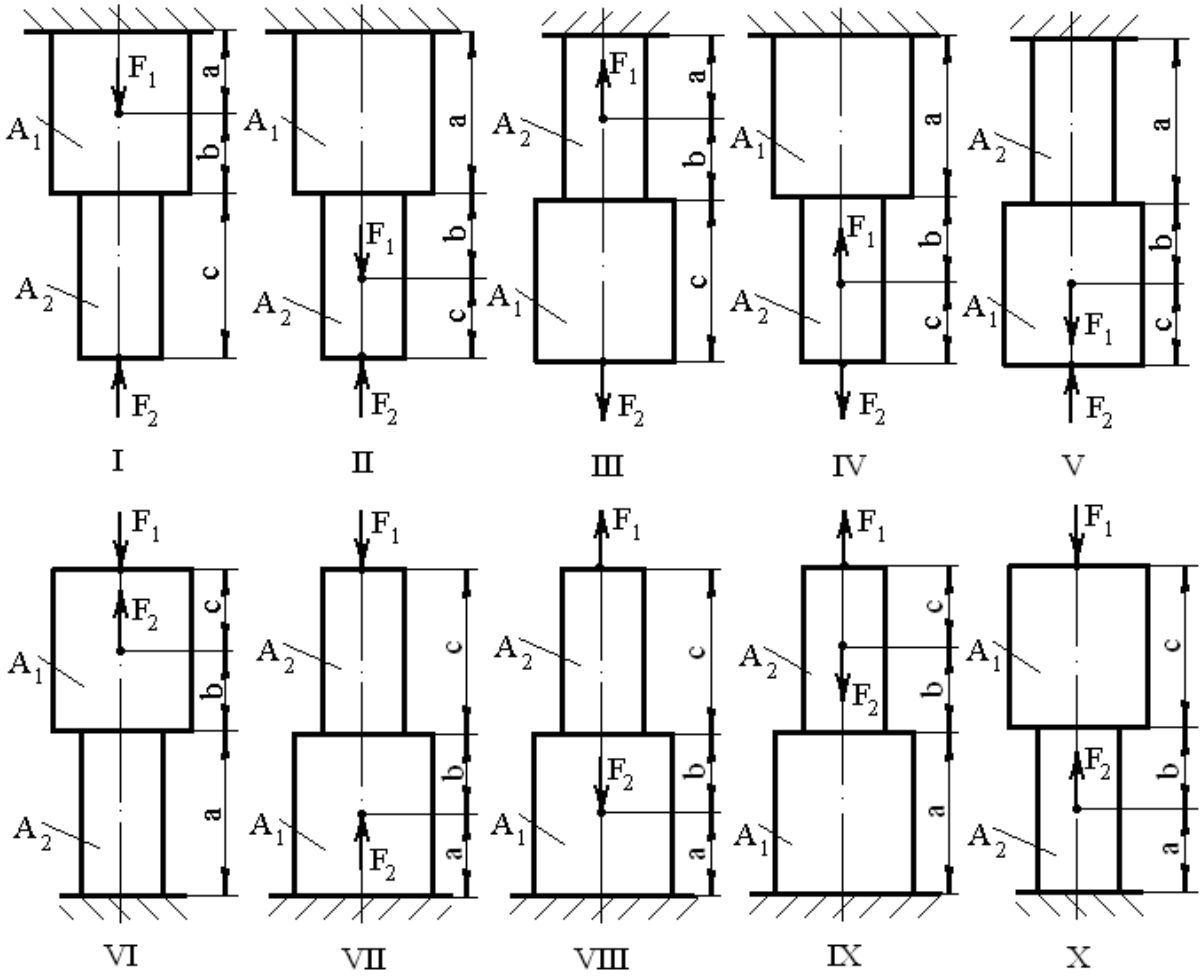

Рис. 1

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ

(Тема: «Центральное растяжение-сжатие».
Раздел: «Статически неопределимые системы».)

Абсолютно жесткий брус (рис. 2) оперт на шарнирно-неподвижную опору и прикрепляется к двум стержням, при помощи шарниров. Стержни изготовлены из стали марки Ст. 3,

Требуется:

1) найти усилия и напряжения в стержнях, выразив их через силу Q;
2) из расчета по допускаемым напряжениям найти допускаемую нагрузку [Q], приравняв большее из напряжений в двух стержнях к допускаемому напряжению [σ];
3) из расчета по допускаемым нагрузкам найти предельную грузоподъемность системы $Q_т^k$ и допускаемую нагрузку $Q_{ДОП}$, если известен предел текучести $\sigma_Т$ и коэффициент запаса прочности $n = 1,5$;
4) сравнить величины [Q] и $Q_{ДОП}$, полученные при расчете по допускаемым напряжениям и допускаемым нагрузкам.

Принять: $A = A_1$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

(Тема: «Геометрические характеристики плоских сечений».)

Задано поперечное сечение, состоящее из двух профилей, имеющих вид швеллера, двутавра или равнополочного уголка (рис. 3),

Требуется:

1) определить положение центра тяжести поперечного сечения;
2) найти осевые и центробежный моменты инерции относительно случайных осей (x_C и y_C), проходящих через центр тяжести;
3) определить положение главных центральных осей u и v;
4) найти моменты инерции относительно главных центральных осей;
5) вычертить сечение и указать на нем все размеры в числах и все оси.

При расчете все необходимые данные следует брать из таблиц сортамента.

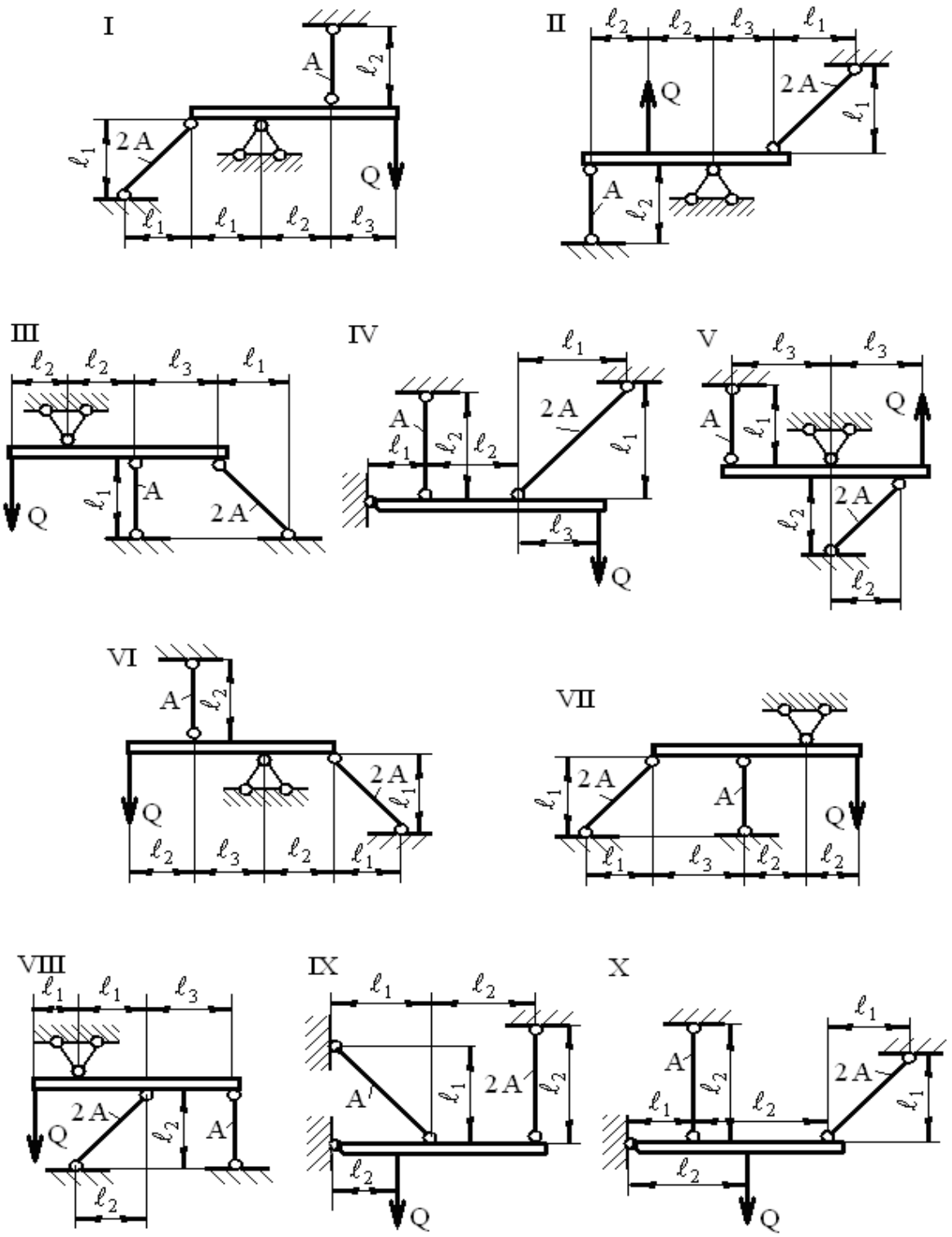

Рис. 2

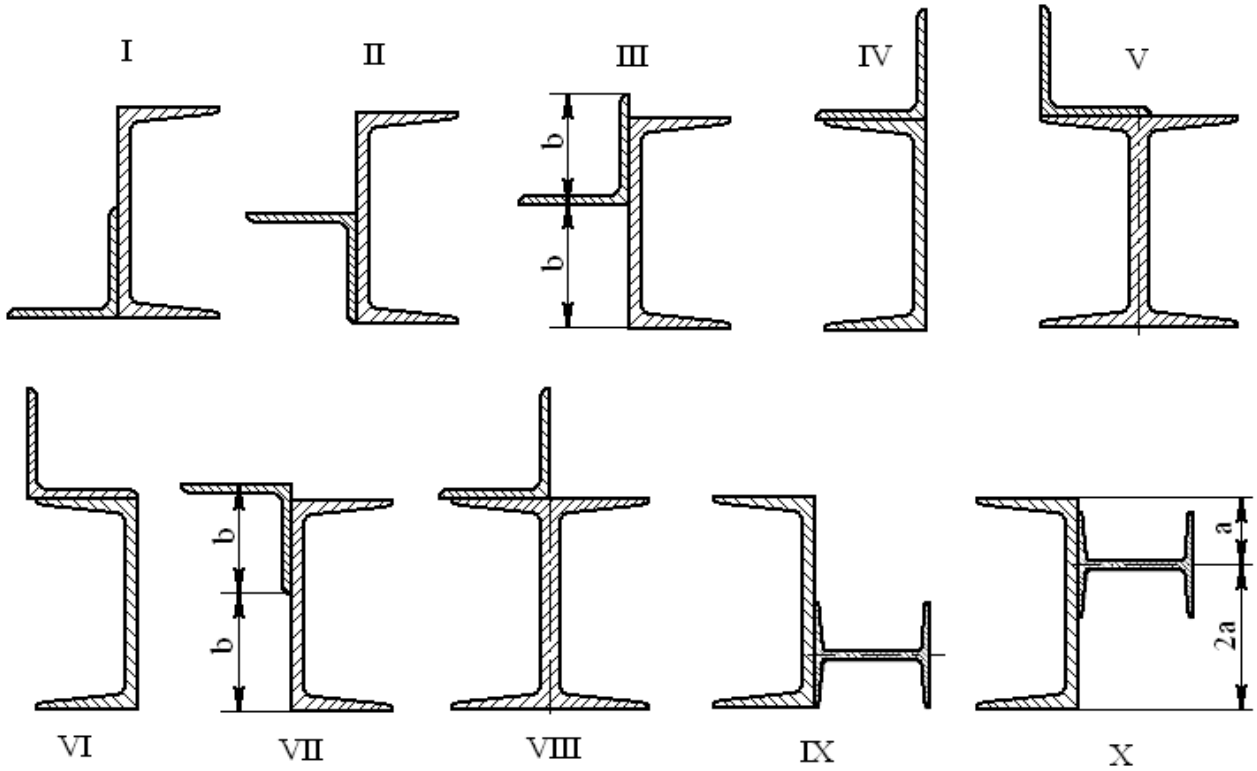

Рис. 3

РАСЧЕТ ВАЛА НА КРУЧЕНИЕ

(Тема: «Сдвиг и кручение».)

Стальной вал, закручивается двумя моментами m_1 и m_2 (рис. 4). Два участка вала имеют форму поперечного сечения в виде кругов диаметрами d_1 и d_2, а третий участок вала полый - имеет форму поперечного сечения в виде кольца с заданным отношением внутреннего диаметра d к наружному D.

Требуется:

1) построить эпюру крутящих моментов M_K;
2) из условия прочности по допускаемым касательным напряжениям $[\tau]$ определить размеры поперечных сечений участков вала и округлить их до ближайшей большей величины в мм;
3) построить эпюру углов поворота α.

Принять: $a = 0{,}1\,\ell_3$.

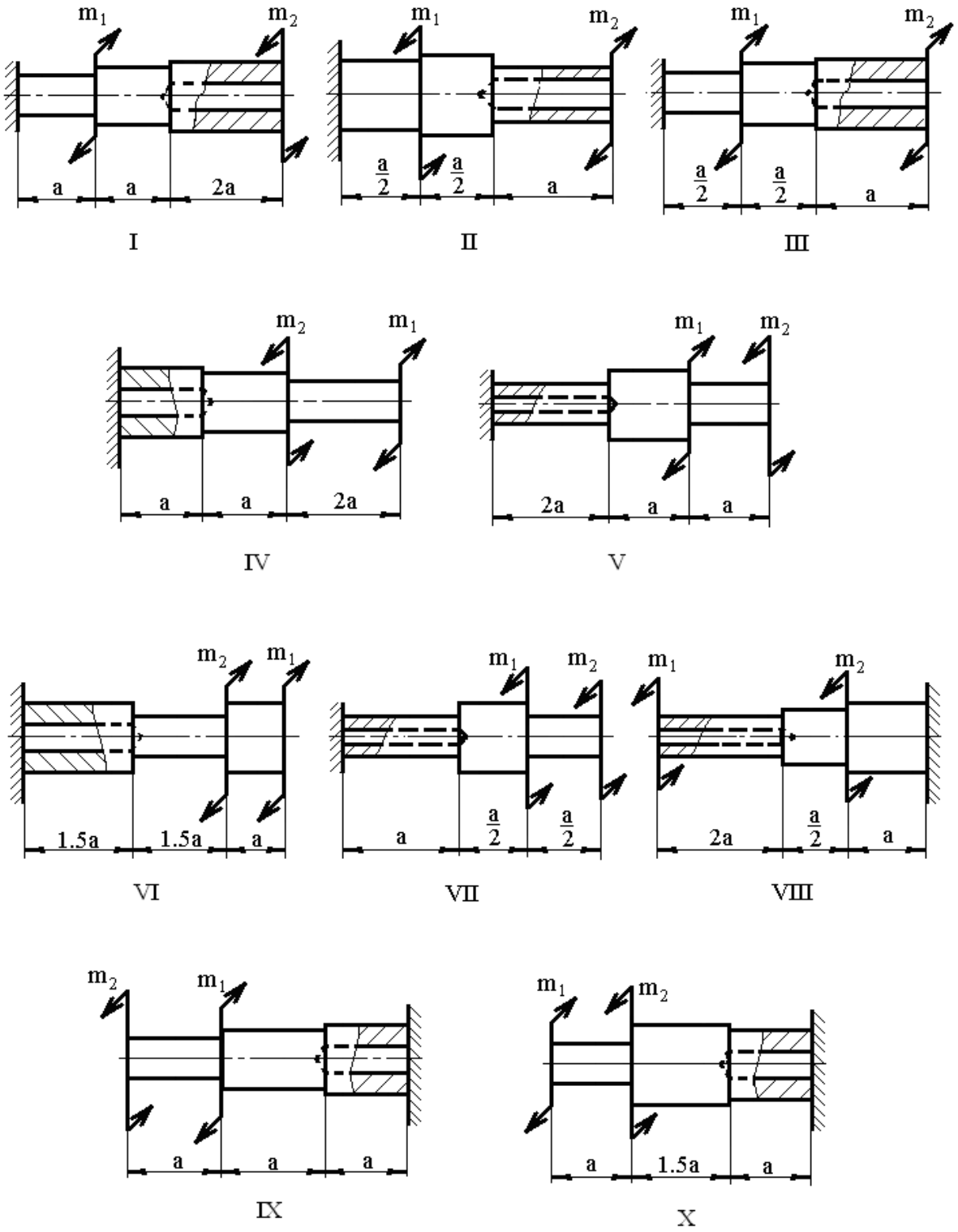
m1
m2
a
a
2a
I
a/2
a/2
a
II
a/2
a/2
a
III
a
a
2a
IV
2a
a
a
V
1.5a
1.5a
a
VI
a
a/2
a/2
VII
2a
a/2
a
VIII
a
a
a
IX
a
1.5a
a
X

Рис. 4

РАСЧЕТ ШАРНИРНО-ОПЕРТОЙ БАЛКИ НА ИЗГИБ

(Тема: «Изгиб».)

Стальная балка, изображена на рис. 5.

Требуется:

1) построить эпюры поперечной силы Q_Y и изгибающего момента M_X;

2) подобрать из условия прочности по допускаемым напряжениям поперечные сечения в виде круга, квадрата, двутавра и двух швеллеров;

3) сравнить принятые сечения балок по экономичности.

Стенки двутавра и двух швеллеров параллельны действующей нагрузке.

Принять: $F = F_1$; $m = m_1$.

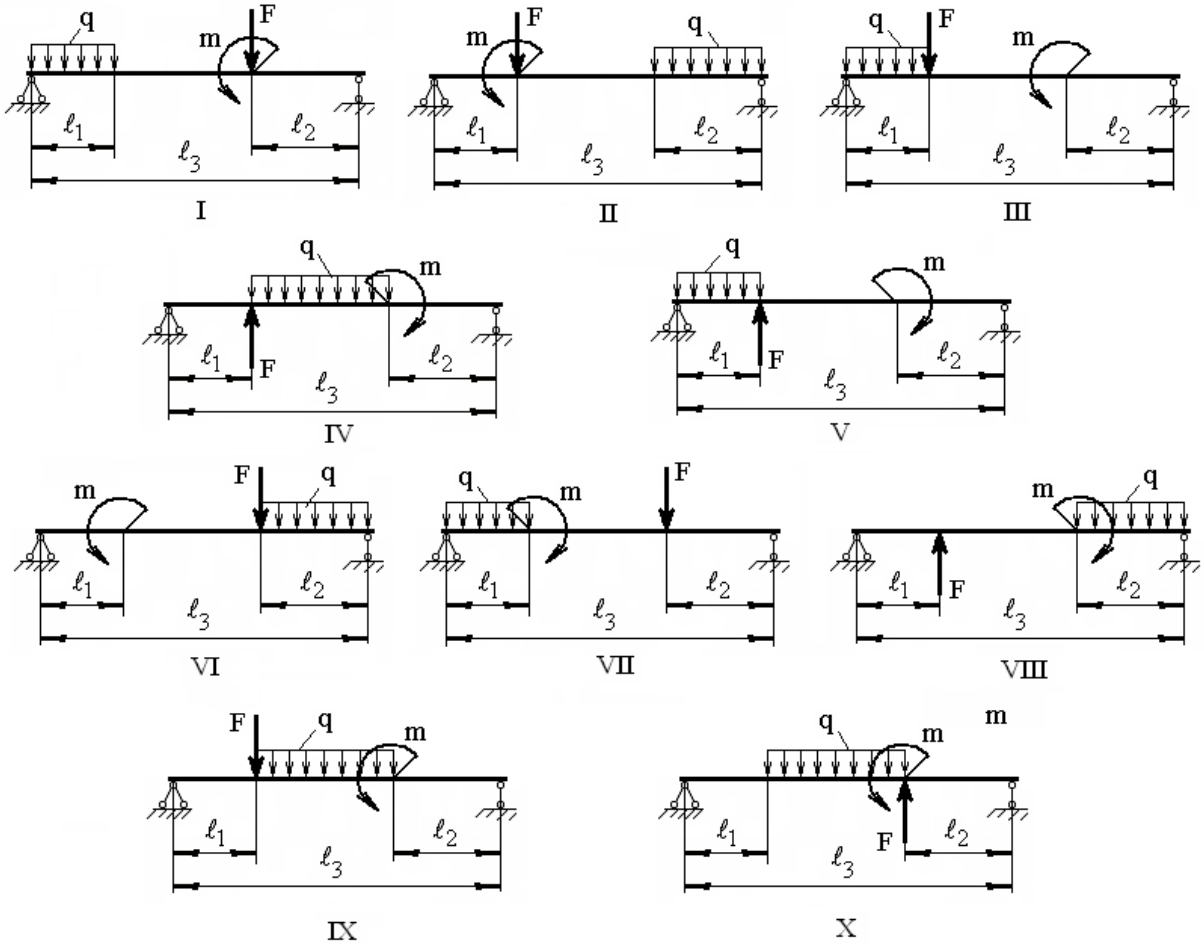

Рис. 5

РАСЧЕТ БАЛКИ-КОНСОЛИ НА ИЗГИБ

(Тема: «Изгиб».)

Стальная балка, изображена на рис. 6.

Требуется:

1) построить эпюры поперечной силы Q_Y и изгибающего момента M_X;

2) подобрать из условия прочности по допускаемым напряжениям сложное поперечное сечение, изображенное справа от схемы балки.

Принять: $F = F_1$; $m = m_1$.

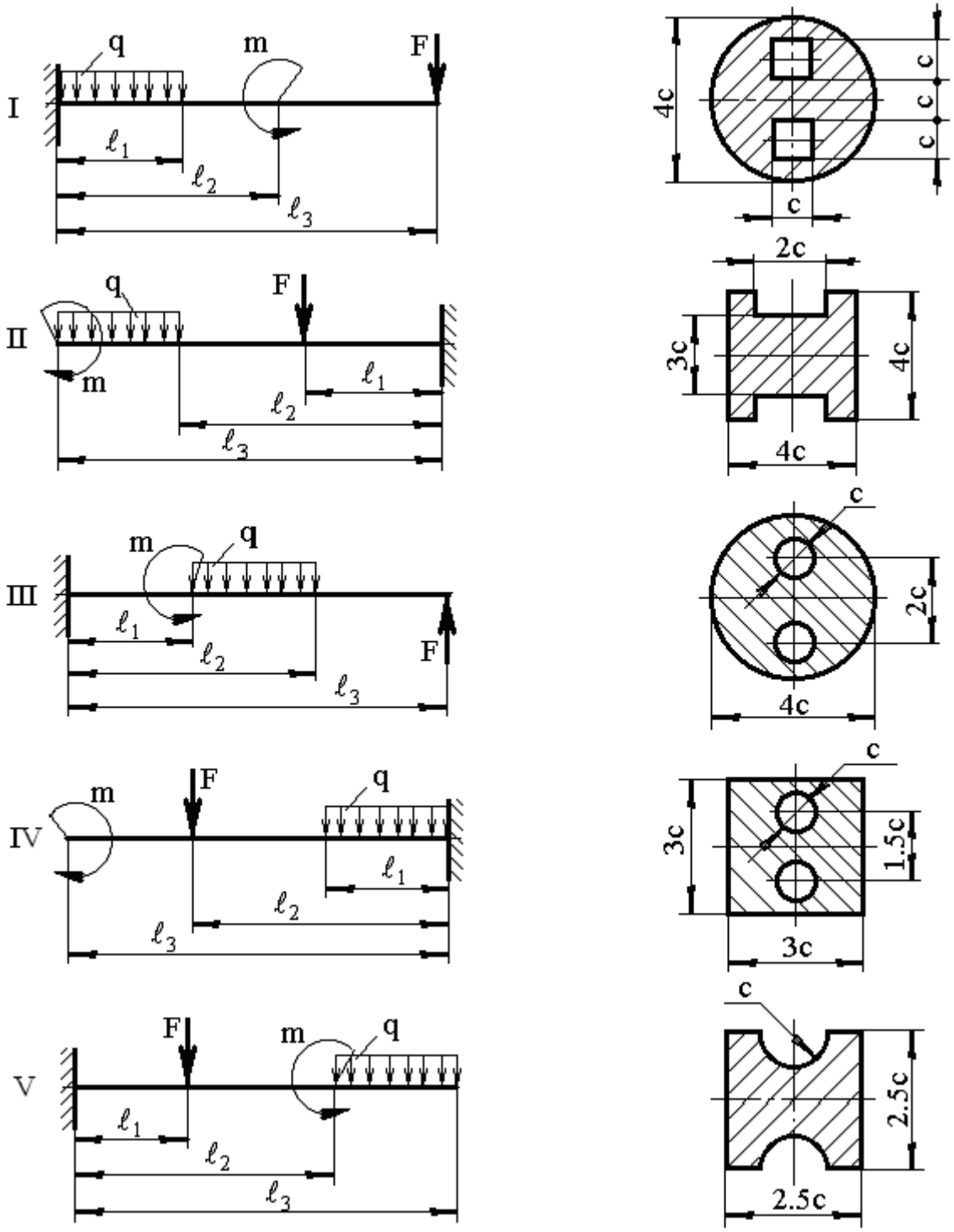

Рис.6.

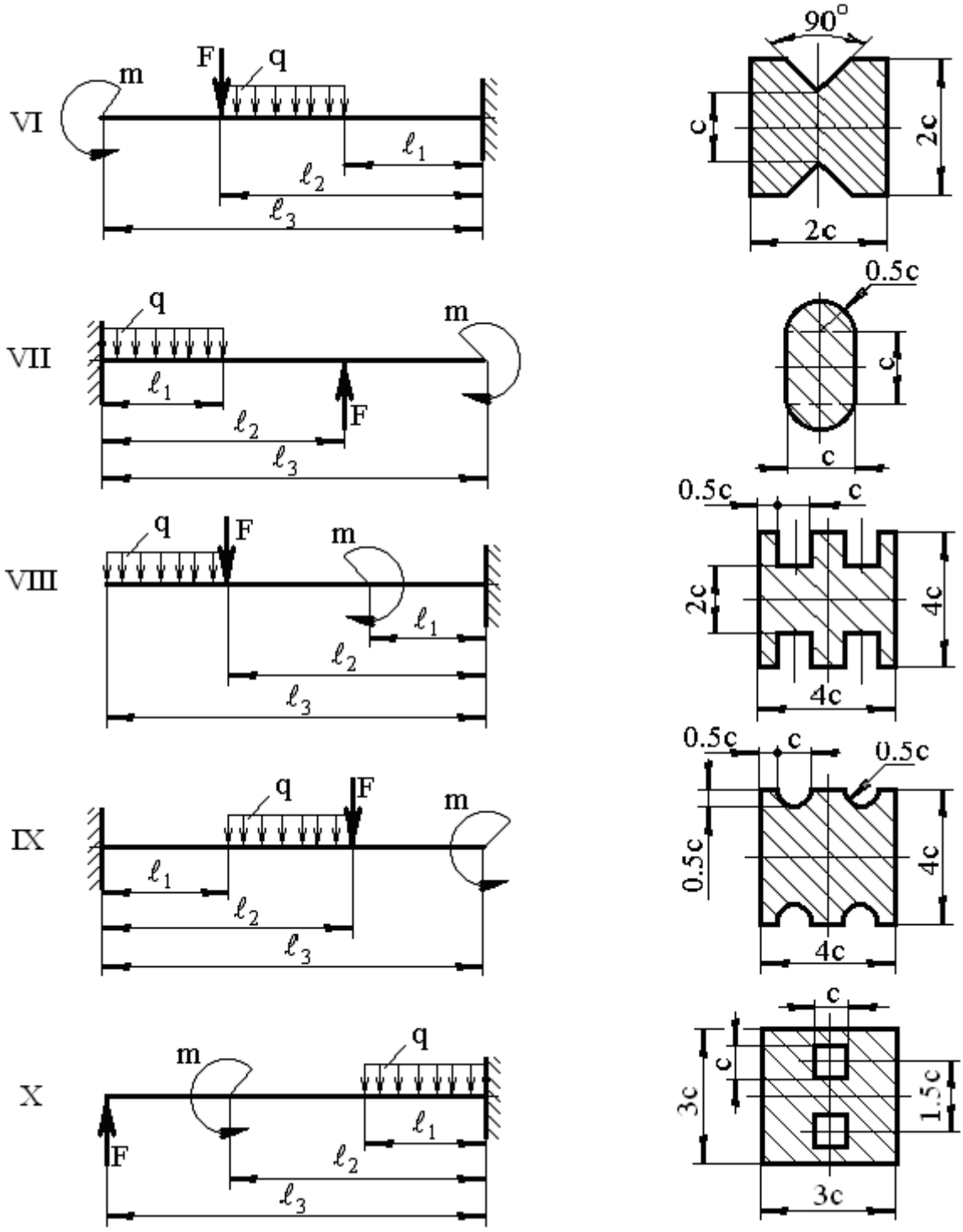

Рис. 6. (Продолжение.)

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЛОМАНОГО БРУСА

(Тема: «Изгиб». Раздел: «Изгиб с кручением».)

На рис. 7 изображена в аксонометрии ось ломаного стержня круглого поперечного сечения, расположенная в горизонтальной плоскости и имеющая прямые углы в точках А и В. На стержень действует вертикальная нагрузка F_1 и q.

Требуется:

1) построить отдельно (в аксонометрии) эпюры изгибающих и крутящих моментов;

2) установить опасное сечение и найти для него величину расчетного момента по энергетическому критерию.

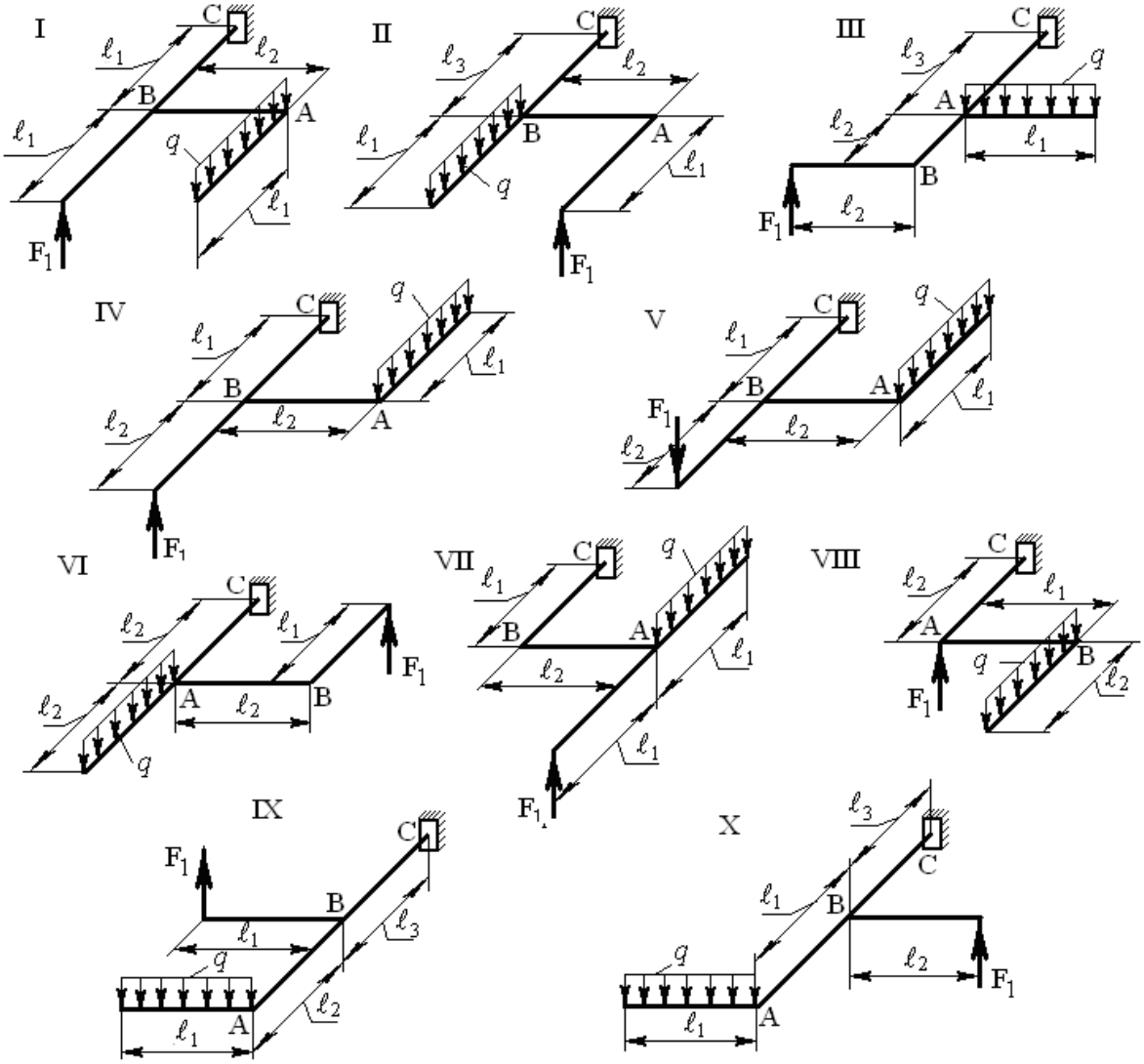

Рис. 7

РАСЧЕТ ВАЛА НА ИЗГИБ С КРУЧЕНИЕМ

(Тема: «Изгиб». Раздел: «Изгиб с кручением».)

Шкив диаметром D_1 и углом наклона ветвей ремня к горизонту α_1 делает n оборотов в минуту и передает мощность N кВт. Два других шкива имеют одинаковый диаметр D_2 и одинаковые углы наклона ветвей ремня к горизонту α_2 и каждый из них передает мощность N/2 кВт (рис. 8).

Требуется:

1) определить моменты, приложенные к шкивам, по заданным N и n;
2) построить эпюру крутящих моментов M_K;
3) определить окружные усилия t_1 и t_2, действующие на шкивы, по найденным моментам и заданным диаметрам шкивов D_1 и D_2;
4) определить давления на вал, принимая их равными трем окружным усилиям;
5) определить силы изгибающие вал в горизонтальной и вертикальной плоскостях (вес шкивов и вала не учитывать);
6) построить эпюры изгибающих моментов от горизонтальных сил $M_{ГОР}$ и от вертикальных сил $M_{ВЕРТ}$;
7) построить эпюру суммарных изгибающих моментов, пользуясь формулой $M_{ИЗГ} = \sqrt{M_{ГОР}^2 + M_{ВЕРТ}^2}$ (для каждого поперечного сечения вала имеется своя плоскость действия суммарного изгибающего момента, но для круглого сечения можно совместить плоскости $M_{ИЗГ}$ для всех поперечных сечений и построить суммарную эпюру в плоскости чертежа; при построении эпюры надо учесть, что для некоторых участков вала она не будет прямолинейной);
8) при помощи эпюр M_K и $M_{ИЗГ}$ найти опасное сечение и определить величину максимального расчетного момента по критерию наибольших касательных напряжений;
9) подобрать из условия прочности по допускаемым напряжениям диаметр вала d и округлить до ближайшей большей величины кратной 10 мм.

Принять: $a = 0{,}2\ell_1$; $в = 0{,}2\ell_2$; $c = 0{,}2\ell_3$; $D_1 = 0{,}5\ell_1$; $D_2 = 0{,}5\ell_2$.

РАСЧЕТ СТЕРЖНЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

(Тема: «Устойчивость сжатых стержней».)

Стальной стержень (рис. 9) длиной ℓ сжимается силой F и имеет сложное поперечное сечение, изображенное справа на рис. 6.

Требуется:

1) найти размеры поперечного сечения при допускаемом напряжении [σ]. Расчет производить методом последовательных приближений,

предварительно задавшись коэффициентом уменьшения допускаемых напряжений $\varphi = 0{,}5$;

2) найти критическую силу F_K и коэффициент запаса устойчивости $n_У$.

Принять: $\ell = 0{,}7\ell_1$; $F = F_2$.

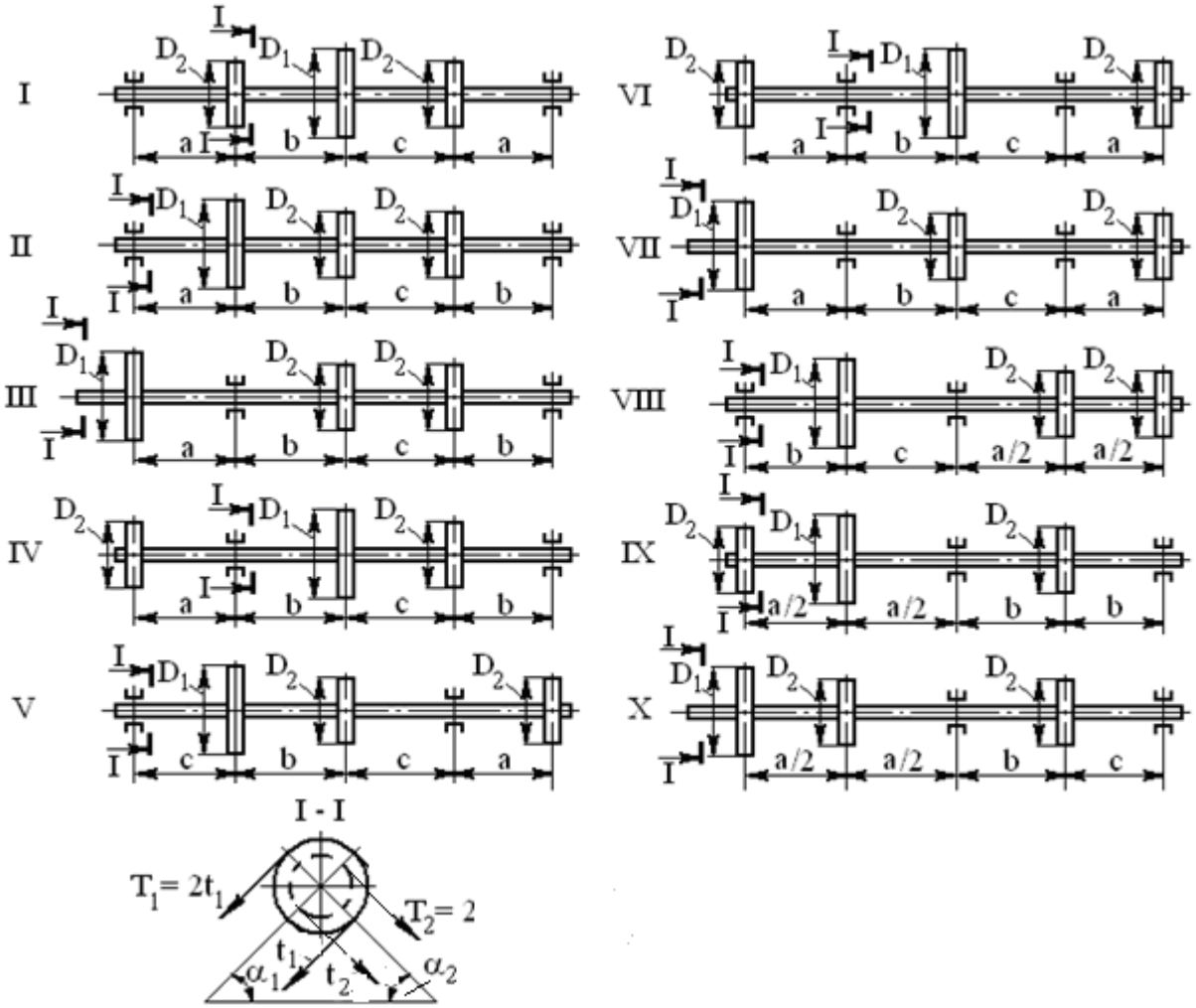

Рис. 8

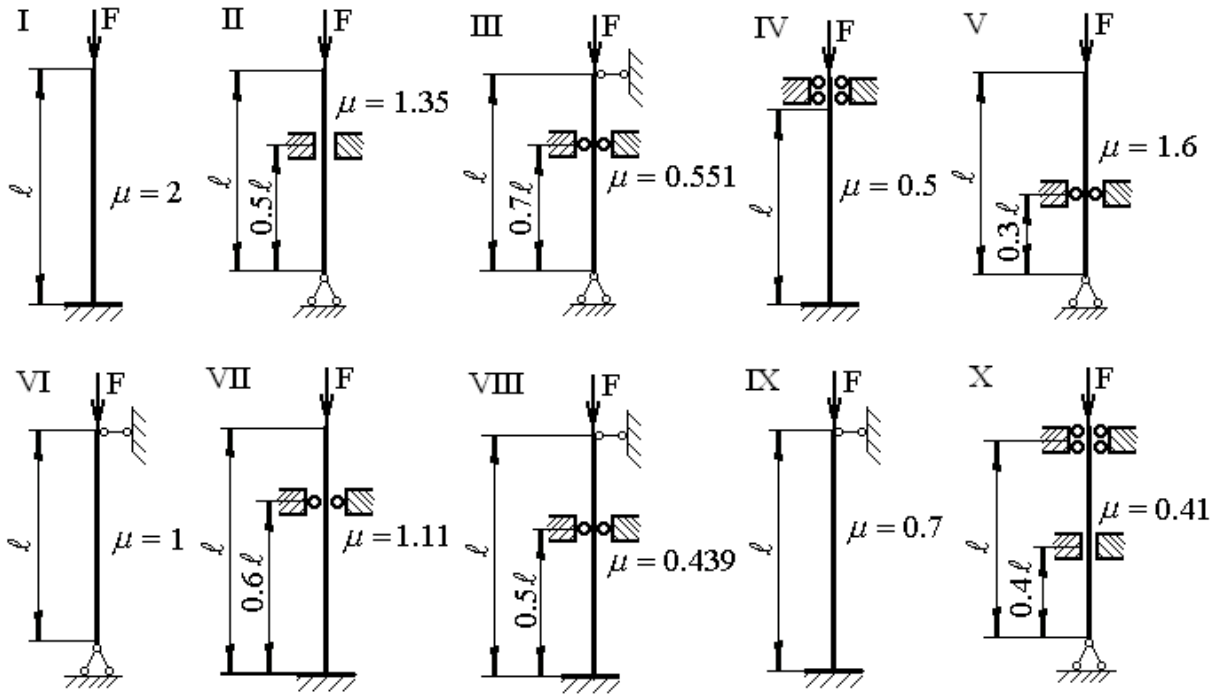

Рис. 9

РАСЧЕТ НА УДАР

(Тема: «Динамическое действие нагрузок». Раздел: «Удар».)

На двутавровую балку, свободно лежащую на двух жестких опорах (рис. 10), с высоты h падает груз весом Q.

Требуется:

1) найти наибольшее нормальное напряжение в балке;

2) решить аналогичную задачу при условии, что левая опора заменена пружиной, податливость которой (т. е. осадка от груза весом 1 кН) равна α =0,02 м/кН;

3) сравнить полученные результаты.

Принять: $Q = 0{,}01F_2$; $h = 0{,}1\ell_1$; $\ell = \ell_1$.

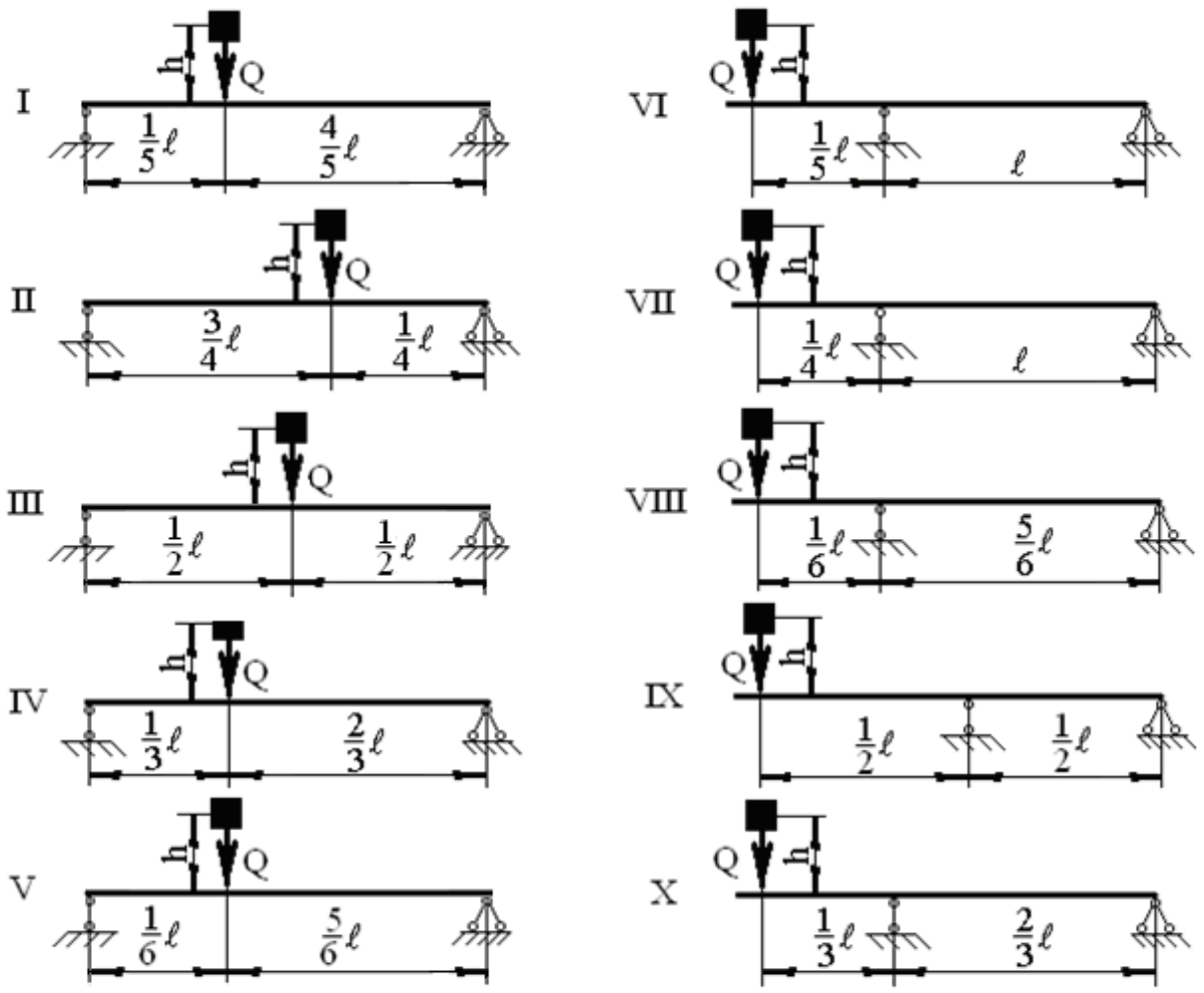

Рис. 10

РАСЧЕТ НА КОЛЕБАНИЯ

(Тема: «Динамическое действие нагрузок». Раздел: «Колебания».)

На двух балках двутаврового сечения установлен двигатель весом Q (рис. 11), делающий n оборотов в минуту. Центробежная сила инерции, возникающая вследствие неуравновешенности вращающихся частей двигателя, равна H. Собственный вес балок и силы сопротивления можно не учитывать.

Требуется найти:

1) частоту собственных колебаний ω_0;

2) частоту изменения возмущающей силы ω;

3) коэффициент нарастания колебаний $\beta = \dfrac{1}{1-\left(\dfrac{\omega}{\omega_o}\right)^2}$ (если коэффициент β, определяемый по этой формуле, окажется отрицательным, то в дальнейшем расчете следует учитывать его абсолютную величину);

4) динамический коэффициент $К_Д = 1 + \dfrac{H}{Q}\beta$;

5) наибольшее нормальное напряжение в балках $\sigma_Д = К_Д \cdot \sigma_{СТ}$.

Принять: $Q = 0{,}1F_2$; $H = 0{,}1F_1$; $\ell = \ell_1$.

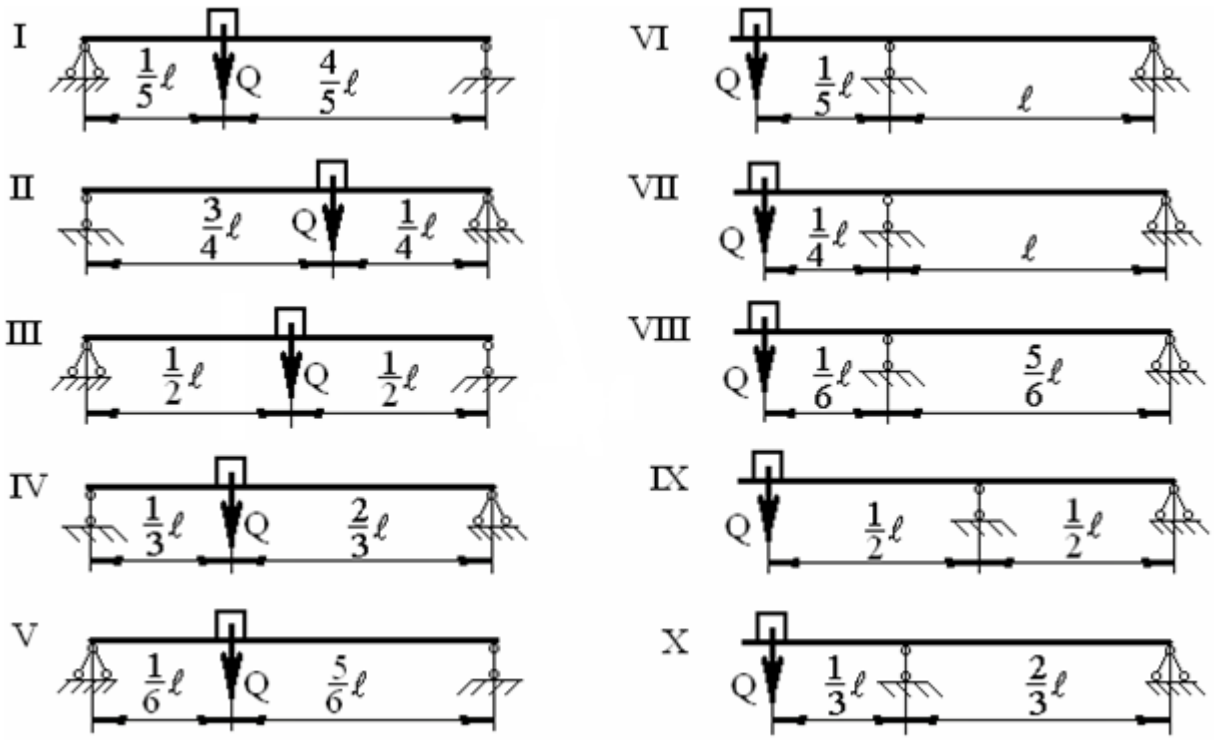

Рис. 11

Приложение 1

Таблица 1

№	№ схемы	A_1	A_2	ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	F_1	F_2	m_1	m_2	d / D	q
		$см^2$	$см^2$	м	м	м	кН	кН	кНм	кНм		$\frac{кН}{м}$
1	I	50	10	1,1	2,1	6,1	10	110	11	6	0,40	2
2	II	55	14	1,2	2,2	6,2	20	120	12	7	0,45	4
3	III	60	18	1,3	2,3	6,3	30	130	13	8	0,50	6
4	IV	65	22	1,4	2,4	6,4	40	140	14	9	0,55	8
5	V	70	26	1,5	2,5	6,5	50	150	15	10	0,60	10
6	VI	75	30	1,6	2,6	6,6	60	160	16	21	0,65	12
7	VII	80	34	1,7	2,7	6,7	70	170	17	22	0,70	14
8	VIII	85	38	1,8	2,8	6,8	80	180	18	23	0,75	16
9	IX	90	42	1,9	2,9	6,9	90	190	19	24	0,80	18
10	X	95	46	2,0	3,0	7,0	100	200	20	25	0,85	20
	е	г	д	г	д	в	б	е	д	е	г	е

Таблица 1 (Продолжение)

№	№ двутавра ГОСТ 8239-89	№ швеллера ГОСТ 8240-89	Уголок ГОСТ 8509-86	N	n	α_1	α_2
				кВт	$\frac{об}{мин}$	град	град
1	12	14	80×80×5,5	10	400	10	10
2	14	16	80×80×6	20	450	20	20
3	16	16а	90×90×6	30	500	30	30
4	18	18	90×90×8	40	550	40	40
5	20	18а	100×100×7	50	600	50	50
6	22	20	100×100×10	60	650	60	60
7	24	22	100×100×12	70	700	70	70
8	27	24	125×125×8	80	750	80	80
9	30	27	125×125×10	90	800	90	90
10	33	30	125×125×12	100	850	0	0
	г	д	е	е	г	д	е

Значения некоторых величин, используемых при решении задач.

Модуль Юнга стали $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Модуль сдвига стали $G = 0{,}8 \cdot 10^5$ МПа.

Предел текучести стали марки Ст. 3 $\sigma_T = 240$ МПа.

Допускаемое нормальное напряжение $[\sigma] = 160$ МПа.

Допускаемое касательное напряжение $[\tau] = 80$ МПа.

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»

Энгельсский технологический институт (филиал)

Кафедра «ОТМ»

РАСЧЁТНО - ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА,
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №
(нужное оставить)

по дисциплине «***Сопротивление материалов***»
«Прикладная механика»
«Механика»
(нужное оставить)

Выполнил: студент группы _____ __ курса
очного (заочного) обучения _____
Зачетная книжка № _____

Сдал «_____» _____201__г._____
(подпись студента)

Проверил _____
«_____» _____201__г._____
(подпись преподавателя)
Зачтено _____
«_____» _____201__г._____
(подпись преподавателя)

Энгельс 201_ - 201_ учебный год

С О Д Е Р Ж А Н И Е

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 3
ЗАДАЧИ ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 4
Расчет ступенчатого бруса на растяжение–сжатие……4
Расчет статически неопределимой стержневой системы……..5
Определение геометрических характеристик плоских сечний…….....5
Расчет вала на кручение……7
Расчет шарнирно-опертой балки на изгиб …….9
Расчет балки-консоли на изгиб ……...9
Расчет пространственного ломаного бруса ……12
Расчет вала на изгиб с кручением ……13
Расчет стержня на устойчивость ……...13
Расчет на удар ……15
Расчет на колебания ……...16
Приложение 1……...……18
Приложение 2……...……19

Тихонов Денис Александрович
Гильман Александр Абрамович

ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания

Ответственный за выпуск Тихонов Д.А.
Оригинал-макет Тихонов Д.А.

413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17

ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.