



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный технический университет»

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания и схемы заданий
к расчетно-графическим работам для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
«Технологические машины и оборудование», «Машиностроение»

Калининград
Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ»
2014

УДК 624. 04

Рецензент

доцент кафедры строительной механики корабля и сопротивления материалов
ФГБОУ ВПО «КГТУ» Умбрасас М.-Р.А

Автор

Притыкин А. И., доктор техн. наук, профессор кафедры строительной
механики корабля и сопротивления материалов ФГБОУ ВПО
«Калининградский государственный технический университет»

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры
строительной механики корабля и сопротивления материалов ФГБОУ ВПО
«Калининградский государственный технический университет» 20 февраля
2014 г., протокол № 6.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию
методической комиссией механико-технологического факультета ФГБОУ ВПО
«Калининградский государственный технический университет» ___ февраля
2014 г., протокол №__.

УДК 624. 04

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Рекомендуемая к использованию литература.....	6
Расчетно-графическая работа №1 «Построение эпюр внутренних силовых факторов».....	7
Расчетно-графическая работа №2 «Расчет бруса на растяжение-сжатие»	9
Расчетно-графическая работа №3 «Расчет бруса на кручение»	12
Расчетно-графическая работа №4 «Расчет статически определимой балки».....	15
Расчетно-графическая работа №5 «Расчет рам методом сил».....	18
Расчетно-графическая работа №6 «Расчет пространственных конструкций».....	20
Приложение А Схемы к расчетно-графической работе №1.....	23
Приложение Б Схемы к расчетно-графической работе №2.....	27
Приложение В Схемы к расчетно-графической работе №3.....	28
Приложение Г Схемы к расчетно-графической работе №4.....	31
Приложение Д Схемы к расчетно-графической работе №5.....	36
Приложение Е Схемы к расчетно-графической работе №6.....	41
Приложение Ж ГОСТ 8239 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент..	43

ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения дисциплины «Сопротивления материалов» сводится к формированию знаний в области теоретических представлений о принципах и методах расчета и проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций и практических навыков для расчета и проектирования типовых изделий машиностроения.

Задачи дисциплины:

- изучение основных закономерностей деформирования твердых тел под действием системы сил, формирование понятий о прочности, жесткости и устойчивости типовых конструкций и отдельных ее элементов, позволяющих успешно освоить ООП;
- формирование навыков проектирования конструкций, связанных с выбором геометрических размеров и материала из условия обеспечения прочности, жесткости и устойчивости, и выполнения расчетов при оценке технического состояния объектов машиностроения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: проблемы создания машин различных типов, приводов систем, принципы работы; технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых и используемых технических средств; основные закономерности деформирования твердых тел под действием системы сил, иметь понятия о прочности, жесткости и устойчивости типовых конструкций и отдельных ее элементов.

Уметь: применять теоретические знания для проектирования узлов механизмов и объектов машиностроения, для оценки их технического состояния в процессе эксплуатации; выбирать различные виды машиностроительных материалов, производить их оценку с использованием современной испытательной аппаратуры; использовать справочную

литературу, стандарты и другие нормативные документы; составлять расчетные схемы, определять внутренние усилия и напряжения.

Владеть: методами оценки технического состояния конструкций; методикой расчета на прочность и жесткость элементов конструкций, а также методикой расчета деформаций и перемещений.

В процессе изучения курса дисциплины «Сопротивления материалов» студенты очного отделения выполняют шесть расчетно-графических работ (РГР), по три в каждом семестре.

Исходные данные задания определяются в соответствии с шифром. Шифром являются три последних цифры номера зачетной книжки: 94-821(абв).

Работы, выполненные не по шифру, не принимаются.

РГР должна быть выполнена на стандартных листах белой бумаги формата А-4 (210*297мм) с вычерчиванием расчетных схем в масштабе и указанием на них всех числовых исходных данных. Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями и четкими схемами.

Необходимые для выполнения заданий теоретические сведения следует черпать из источников, приведенных в списке литературы.

Общие справочные данные для решения задач приведены в табл.1.

Таблица1 - Общие справочные данные для решения задач

Наименование величин	Сталь	Медь	Дюралюмин
Модуль упругости, E (МПа)	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^5$
Предел текучести, σ (МПа)	240	150	210
коэффициент Пуассона, ν	0,30	0,33	0,30

Допускаемое напряжение для древесины принять $[\sigma]=10\text{МПа}$. Предел прочности для чугуна на растяжение $\sigma_B^+=30\text{МПа}$, на сжатие $\sigma_B^-=100\text{МПа}$, коэффициент Пуассона $\mu=0,25$.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЛИТЕРАТУРА

а) Основная:

1. Сидоров В.Н. Лекции по сопротивлению материалов и теории упругости / В.Н. Сидоров. – М., 2002. – 352 с.
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
3. Сопротивление материалов: руководство к решению задач / под ред. В.В. Исаченко. – М.: НИЯУ «МИФИ», 2010. – Ч.1. – 288 с.

б) Дополнительная:

4. Сборник задач по сопротивлению материалов / под ред. Л.К. Паршина. – С.Пб.: Иван Федоров, 2003. – 431 с.
5. Александров А.В. Сопротивление материалов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. – М.: Высш. шк., 2001.
6. Притыкин А.И. Сопротивление материалов. ч. I. Методические указания по выполнению РГР для студентов-заочников спец. ПГС и ТВ – Калининград. КГТУ- 1998.
7. Притыкин А.И. Сопротивление материалов. ч. II. Методические указания по выполнению РГР для студентов-заочников спец. ПГС и ТВ – Калининград. КГТУ- 1999.
8. Притыкин А.И. Расчет пространственных конструкций. Методические указания и схемы заданий к курсовой работе по дисциплине «Сопротивление материалов» для студентов заочной формы обучения спец. 290300 - Промышленное и гражданское строительство – Калининград. КГТУ- 2003.

Расчетно-графическая работа №1

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ

Литература: [2], с.37-41,45-47,157-166; [3],с.7-9,133-171,264-265; [5],с.21-46; [6],с.3-26.

Исходные данные к задаче 1 определяются по схемам Приложения А.

Номер схемы выбирается в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки. Если число, определяемое этими двумя цифрами, находится в диапазоне 30-59, то из него вычитается число 30, если число лежит в диапазоне 60-89, то из него вычитается число 60, а если число лежит в диапазоне 90-99, то вычитается число 90.

Порядок решения РГР №1

1. Определить реакции в опорах в каждой схеме, используя уравнения статики (за исключением консольных конструкций).
2. Определить число силовых участков в каждой из расчетных схем.
3. Провести в пределах каждого участка сечение, положение которого характеризуется абсциссой сечения z , отсчитываемой от начала соответствующего участка. Если схема имеет две или более опор, то для упрощения расчета можно осуществлять разбивку на участки, идя с разных сторон.
4. Для плоской и пространственной рамы необходимо выбрать скользящую систему координат для каждого участка.
5. Составить аналитические выражения для N , T , Q или M для каждого из участков, пользуясь методом сечений.

6. Построить эпюры N , T , Q или M для каждой расчетной схемы с указанием значений характерных ординат.
7. Для балки под номером 7 по приведенной эпюре изгибающих моментов определить нагрузку, действующую на балку, и построить эпюру Q .

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие внутренние усилия (внутренние силовые факторы) могут возникать в поперечных сечениях брусьев и какие виды деформаций с ними связаны?
2. В чем сущность метода сечений?
3. Что называется эпюрой внутреннего усилия и цель ее построения?
4. Какое правило знаков принято для продольной силы?
5. Какое правило знаков принято для крутящего момента?
6. Какие типы опор применяются для соединения балок с основанием и какие реактивные усилия могут возникать в этих опорах?
7. Какие уравнения равновесия применяются для определения опорных реакций и как проверить правильность их определения?
8. Какие системы называются статически определимыми и чем они отличаются от статически неопределимых?
9. Какой изгиб называется поперечным и какие усилия возникают в поперечных сечениях балки при нем?
10. Какое правило знаков принято для поперечной силы и изгибающего момента?
11. Какие зависимости существуют между поперечной силой, изгибающим моментом и интенсивностью распределенной нагрузки?
12. Какие выводы вытекают из дифференциальных зависимостей при поперечном изгибе и как они используются при построении эпюр поперечных сил и изгибающего момента?
13. Какие внутренние усилия могут возникать в поперечных сечениях плоских и пространственных рам?
14. Как проверить согласованность эпюр изгибающих и крутящих моментов, построенных для пространственной рамы ?

Расчетно-графическая работа №2

РАСЧЕТ БРУСА НА РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ

Литература: [2], с.157-186; [3],с.193-211; [5],с.156-167; [6],с.48-55.

Исходные данные определяются по табл.2 и схемам Приложения Б.

Стальной ступенчатый брус ($E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$) находится под действием продольных сил F . Вес единицы объема материала $\gamma = 78 \text{ кН/м}^3$.

Таблица 2 - Исходные данные к РГР № 2

№ стро-ки	№ схемы	A, 10^{-4} м^2	a	b	c	F, кН
			м			
1	I	11	2,1	2,1	1,1	1,1
2	II	12	2,2	2,2	1,2	1,2
3	III	13	2,3	2,3	1,3	1,3
4	IV	14	2,4	2,4	1,4	1,4
5	V	15	2,5	2,5	1,5	1,5
6	VI	16	2,6	2,6	1,6	1,6
7	VII	17	2,7	2,7	1,7	1,7
8	VIII	18	2,8	2,8	1,8	1,8
9	IX	19	2,9	2,9	1,9	1,9
0	X	20	3,0	3,0	2,0	2,0
	В	б	а	а	б	В

Порядок решения РГР №2

1. Определить число силовых участков в каждой из расчетных схем. Нумерацию участков вести со свободного конца бруса.
2. Провести в пределах каждого участка сечение, положение которого характеризуется абсциссой сечения z , отсчитываемой от начала соответствующего участка.
3. Составить аналитические выражения для нормальных сил N на каждом участке с учетом собственного веса бруса.
4. Построить эпюру продольных сил N .
5. Составить аналитические выражения для нормальных напряжений σ на каждом участке.
6. Построить эпюру нормальных напряжений σ .
7. Определить перемещение заданного сечения бруса $I - I$.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие случаи деформации бруса называются центральным растяжением или сжатием?
2. Как вычисляется значение продольной силы в произвольном поперечном сечении бруса?
3. Какой вид имеют эпюры продольных сил для бруса, нагруженного сосредоточенными силами с учетом собственного веса бруса?
4. Как распределены нормальные напряжения в поперечных сечениях центрально растянутого или сжатого бруса и чему они равны?
5. Что называется абсолютной продольной деформацией? Что представляет собой относительная продольная деформация? Каковы размерности абсолютной и относительной продольных деформаций?

6. Что называется жесткостью поперечного сечения при растяжении-сжатии?
7. Какой вид имеет закон Гука при растяжении-сжатии?
8. Что называется пределом пропорциональности, пределом упругости, пределом текучести, пределом прочности материала?
9. Какие деформации называются упругими и какие остаточными или пластическими?
10. Что называется относительным удлинением после разрыва и относительным сужением после разрыва? Какое свойство материала они характеризуют?
11. Как определяется полное удлинение(укорочение) бруса?
12. Как вычислить перемещение произвольного сечения в общем случае растяжения-сжатия?

Расчетно-графическая работа №3

РАСЧЕТ БРУСА НА КРУЧЕНИЕ

Литература: [2], с.103-141; [3],с.264-286; [5],с.132-155; [6],с.44-48.

Исходные данные определяются по табл.3 и схемам Приложения В.

Стальной брус ($G=0.77 \cdot 10^5$ МПа) находится под действием крутящих моментов M_i . Допускаемые напряжения $[\tau]=80$ МПа.

Таблица 3 - Исходные данные к РГР №3

а, б	№ схемы		$M_1,$ кН*м	$M_2,$ кН*м	$M_3,$ кН*м	$L_1,$ м	$L_2,$ м	$L_3,$ м	$\alpha = \frac{d_в}{d_н}$	$m = \frac{h}{b}$	$[\theta],$ рад/м	$\alpha,$ град
	1-я циф- ра	2-я циф- ра										
1	2	9	1	3	6	3	1	2	0.5	2	$1 \cdot 10^{-2}$	20
2	1	8	2	4	5	2	3	1	0.6	3	$2 \cdot 10^{-2}$	-10
3	0	7	3	5	4	1	2	2	0.7	1	$3 \cdot 10^{-2}$	30
4	2	6	4	2	3	1	2	3	0.8	2	$4 \cdot 10^{-2}$	-20
5	1	5	5	1	2	2	1	3	0.9	3	$1 \cdot 10^{-2}$	40
6	0	4	1	5	3	3	2	1	0.4	1	$3 \cdot 10^{-2}$	-30
7	2	3	2	4	5	3	2	3	0.8	3	$2 \cdot 10^{-2}$	50
8	1	2	3	4	2	1	3	1	0.7	2	$4 \cdot 10^{-2}$	-40
9	0	1	4	2	5	2	3	2	0.6	1	$1 \cdot 10^{-2}$	10
0	2	0	5	1	3	3	2	2	0.5	2	$2 \cdot 10^{-2}$	-50
	б	а	б	а	б	б	а	а	б	б	а	б

Порядок решения РГР №4

1. Определить число силовых участков в каждой из расчетных схем. Нумерацию участков вести со свободного конца бруса.
2. Провести в пределах каждого участка сечение, положение которого характеризуется абсциссой сечения z , отсчитываемой от начала соответствующего участка.
3. Составить аналитические выражения для крутящих моментов T на каждом участке бруса и построить эпюру моментов.
4. Из условий прочности и жесткости определить размеры сечений на всех участках бруса.
5. Определить величины углов закручивания на длине каждого участка бруса, а также полный угол закручивания на длине всего бруса.
6. Построить эпюру углов закручивания.
7. Для точки поверхности бруса на участке со сплошным круглым сечением найти главные напряжения и положения главных площадок.
8. Для этой же точки найти нормальные и касательные напряжения на площадке, наклоненной под углом α к главной площадке с алгебраически большим главным напряжением.

Вопросы для самоконтроля:

1. При какой нагрузке на брус возникает деформация кручения?
2. Какой внутренний силовой фактор возникает в поперечном сечении бруса при кручении?
3. Что называется эпюрой крутящих моментов?

4. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях бруса круглого сечения при кручении? По какому закону они распределены по поперечному сечению бруса?
5. В каких точках поперечного сечения скручиваемого бруса круглого поперечного сечения касательные напряжения достигают наибольшей величины? По какой формуле вычисляются эти напряжения?
6. Что называют полярным моментом сопротивления бруса круглого поперечного сечения? В каких единицах он измеряется? По какой формуле вычисляется?
7. В чем состоит расчет на прочность при кручении?
8. По какой формуле вычисляется угол закручивания бруса круглого поперечного сечения? В каких единицах он измеряется?
9. Что называется жесткостью при кручении?
10. В чем состоит расчет на жесткость при кручении?
11. Из каких двух условий выбирается диаметр скручиваемого бруса?
12. Чему равны главные напряжения при кручении и по каким площадкам они действуют?
13. Как распределяются касательные напряжения по площади поперечного

сечения скручиваемого бруса прямоугольного сечения? В каких точках контура они достигают наибольших значений? Где обращаются в ноль?

14. По какой формуле вычисляются наибольшие касательные напряжения

при кручении бруса прямоугольного сечения?

15. По какой формуле вычисляется угол закручивания бруса прямоугольного сечения?

16. Что называется кругами Мора и как с помощью них определяются главные напряжения и напряжения в произвольных площадках?

Расчетно-графическая работа №4

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ

Литература: [2], с.157-186; [3], с.193-211; [5], с.156-167; [6], с.48-55.

Исходные данные определяются по табл.4 и схемам Приложения Г.

Материал балки - сталь, допускаемые напряжения $[\sigma]=160\text{МПа}$ и $[\tau]=96\text{МПа}$.

Таблица4 - Исходные данные к РГР № 4

а, б	№ схемы		l, м	a ₁ /l	a ₂ /l	L, м	c ₁ /L	c ₂ /L	q, кН/м	P, кН	M, кН*м
	1-я циф- ра	2-я циф- ра									
1	2	9	1	0.2	0.6	3	0.4	0.8	10	60	10
2	1	8	2	0.4	0.8	4	0.6	0.2	15	50	15
3	0	7	3	0.6	0.2	5	0.8	0.4	20	40	20
4	2	6	4	0.8	0.4	4	0.2	0.6	25	30	25
5	1	5	5	0.2	0.6	2	0.4	0.6	30	50	30
6	0	4	1	0.4	0.8	3	0.6	0.8	10	40	10
7	2	3	2	0.6	0.2	4	0.6	0.2	15	30	15
8	1	2	3	0.8	0.4	5	0.8	0.4	25	60	20
9	0	1	4	0.6	0.6	2	0.2	0.6	30	20	25
0	2	0	5	0.8	0.8	4	0.4	0.6	10	30	30
	б	а	б	а	б	б	а	а	б	б	а

Порядок решения РГР №4

Для консольных балок (рис.2, схема1):

1. Построить эпюры Q и M, указав характерные значения ординат.
2. Подобрать сечение заданной на рисунке формы.

Для двухопорных балок (рис.2, схема2):

1. Определить реакции в опорах, используя уравнения статики.
2. Составить выражения для Q и M на каждом участке балки.
3. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, указав характерные значения ординат.
4. Определить величину момента сопротивления W балки из условия прочности балки в точке, где действуют максимальные нормальные напряжения.
5. Подобрать по полученной величине W соответствующий номер двутавровой балки из таблицы сортамента прокатной стали.
6. Проверить прочность полученного профиля по максимальным касательным напряжениям τ_{\max} .
7. Для опасного сечения построить эпюры распределения по высоте сечения нормальных и касательных напряжений.
8. Проверить прочность балки в точке на границе между полкой и стенкой по третьей гипотезе прочности.
9. Определить деформации балки методом начальных параметров, для чего:
 - выбрать начало координат на одном из концов балки;
 - записать дифференциальное уравнение изогнутой оси для сечения z вблизи конца балки, учтя при этом, что распределенную нагрузку надо продолжить до конца, приложив нулевую систему сил, а сосредоточенный момент умножить на плечо в нулевой степени;
 - проинтегрировать дифференциальное уравнение без раскрытия скобок;
 - определить постоянные интегрирования из граничных условий, представляющих собой условия равенства нулю прогибов на опорах;
 - подставить полученные постоянные интегрирования в уравнение изогнутой оси, вычислить прогибы балки в 5-7 сечениях и построить изогнутую ось балки.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется чистым и поперечным изгибом?
2. Как проверить правильность определения опорных реакций?
3. Почему при построении эпюр Q и M для балки, заделанной одним концом, можно не определять опорные реакции?
4. Чему равна поперечная сила в сечениях бруса, в которых изгибающий момент достигает экстремальных значений?
5. В чем заключается проверка эпюр Q и M ?
6. Как определяется экстремальное значение изгибающего момента?
7. Что называется прочностью и жесткостью сечения при изгибе?
8. Что называется моментом сопротивления при изгибе и какова его размерность?
9. Что называется нормальным и касательным напряжением?
10. По каким формулам определяются нормальные и касательные напряжения в поперечных сечениях балки при поперечном изгибе?
11. Какие основные гипотезы прочности?
12. Что называется допускаемым напряжением и как оно выбирается?
13. Что называется коэффициентом запаса прочности и от каких основных факторов зависит его величина?
14. Какой вид имеет дифференциальное уравнение изогнутой оси балки?
15. Что называется жесткостью балки при изгибе?
16. В чем суть метода начальных параметров?
17. Как должны быть согласованы эпюры изгибающих моментов и упругая линия балки?

Расчетно-графическая работа №5

РАСЧЕТ РАМ МЕТОДОМ СИЛ

Литература: [2], с.259-297; [5], с.256-267; [7], с.24-29.

Исходные данные определяются по табл.5 и схемам Приложения Д.

Материал рамы- сталь, допускаемые напряжения $[\sigma]=160\text{МПа}$.

Таблица 5 - Исходные данные к РГР №5

а,б	№ схемы		с, м	h, м	q, кН/м	M, кН*м
	1-я циф-ра	2-я циф-ра				
1	2	9	1	2	6	30
2	1	8	2	4	8	40
3	0	7	3	6	2	50
4	2	6	4	8	4	40
5	1	5	5	2	6	20
6	0	4	1	4	8	30
7	2	3	2	6	2	40
8	1	2	3	8	4	50
9	0	1	4	6	6	20
0	2	0	5	8	8	40
	б	а	б	а	б	а

Порядок решения РГР №5

1. Определить степень статической неопределимости системы.

2. Выбрать основную систему метода сил путем удаления лишней связи.
3. Перейти к эквивалентной системе, приложив к основной системе заданную внешнюю нагрузку и неизвестное усилие по направлению отброшенной связи.
4. Записать каноническое уравнение метода сил ($\delta_{11} X_1 + \Delta_{1F} = 0$).
5. Для определения перемещений δ_{11} и Δ_{1F} построить эпюры изгибающих моментов M_1 и M_F для двух состояний: состояния «1» и состояния «F».
6. Используя формулы Симсона, перемножить эпюры M_1 и M_F и определить коэффициенты δ_{11} и Δ_{1F} .
7. Определив неизвестное усилие X_1 , построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.
8. Подобрать для опасного сечения рамы из условия прочности соответствующий номер двутавровой балки из таблицы сортамента прокатной стали.
9. Определить перемещение центра тяжести указанного поперечного сечения рамы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется статически неопределимой стержневой системой?
2. Как определяется степень статической неопределимости?
3. Что такое геометрически неизменяемая и геометрически изменяемая стержневые системы?
4. Что такое дополнительные внешние и внутренние связи?
5. Что такое основная система метода сил?
6. Как выбирается основная система?
7. Какой физический смысл канонических уравнений метода сил?
8. Как определяются коэффициенты при неизвестных в методе сил?
9. Как подбираются размеры сечений в раме при изгибе?
10. Как определяются перемещения в статически неопределимых системах?

Расчетно-графическая работа №6

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Литература: [2], с.289-294; [5], с.42-47; [8], с.7-20.

Исходные данные определяются по табл.6 и схемам Приложения Е.

Таблица 6 - Исходные данные к РГР №6

А	F ₁ , кН	l ₁ , м	F ₂ , кН	В	№ схе мы	F ₃ , кН	l ₂ , м	l ₃ , м	С	сечение			Материал
										I	II	III	
0	12	0,5	15	0	5	10	0,8	0,6	0	d	h/b=1	h/b=2	сталь
1	20	0,9	11	1	3	14	0,7	0,5	1	h/b=3	d	h/b=1	медь
2	14	0,7	13	2	9	16	0,9	1,0	2	h/b=2	h/b=1	d	дюралюм
3	18	0,6	9	3	2	18	1,1	0,7	3	h/b=2	d	h/b=3	медь
4	16	0,8	17	4	8	20	0,5	0,9	4	d	h/b=1	h/b=2	сталь
5	22	1,0	19	5	1	19	1,2	0,8	5	h/b=3	d	h/b=1	дюралюм
6	26	1,1	23	6	6	15	0,6	1,2	6	h/b=2	h/b=3	d	медь
7	24	1,2	21	7	4	13	0,7	0,8	7	h/b=1	d	d	сталь
8	30	1,4	25	8	7	11	0,9	1,0	8	d	h/b=2	d	дюралюм
9	28	1,3	27	9	0	17	1,2	0,6	9	d	d	h/b=3	сталь

Порядок решения РГР №6

1. Вычертить в масштабе схему пространственной конструкции с заданной нагрузкой. Показать на схеме виды поперечных сечений.

2. Изобразить на схеме систему осей сечения на каждом из трех участков. При построении эпюр для пространственного бруса применяют скользящую систему осей сечения. Ось z всегда направлена вдоль оси бруса (для бруса с

одним жестко заземленным и другим свободным концом ось z направляют в сторону свободного конца). Оси x и y совпадают с главными центральными осями рассматриваемого сечения. Переход на следующий участок производится путем поворота системы осей сечения вокруг той оси, которая перпендикулярна к плоскости двух данных участков.

3. Построить эпюры шести внутренних силовых факторов и определить положение расчетного сечения на каждом участке.

4. Подобрать размеры поперечных сечений:

- в случае круглого сечения произвести предварительный подбор диаметра стержня, учитывая только действия изгиба и кручения, по соответствующей материалу теории прочности;

- в случае прямоугольного сечения определить размеры его сторон при заданном соотношении h/b , учитывая в первом приближении лишь изгибающие моменты.

5. Построить эпюры распределения по сечению нормальных напряжений и эпюры распределения по сторонам контура сечения касательных напряжений от каждого из составляющих простых видов нагружения. Проверить прочность в опасных точках расчетных сечений на основе соответствующей материалу конструкции гипотезы прочности.

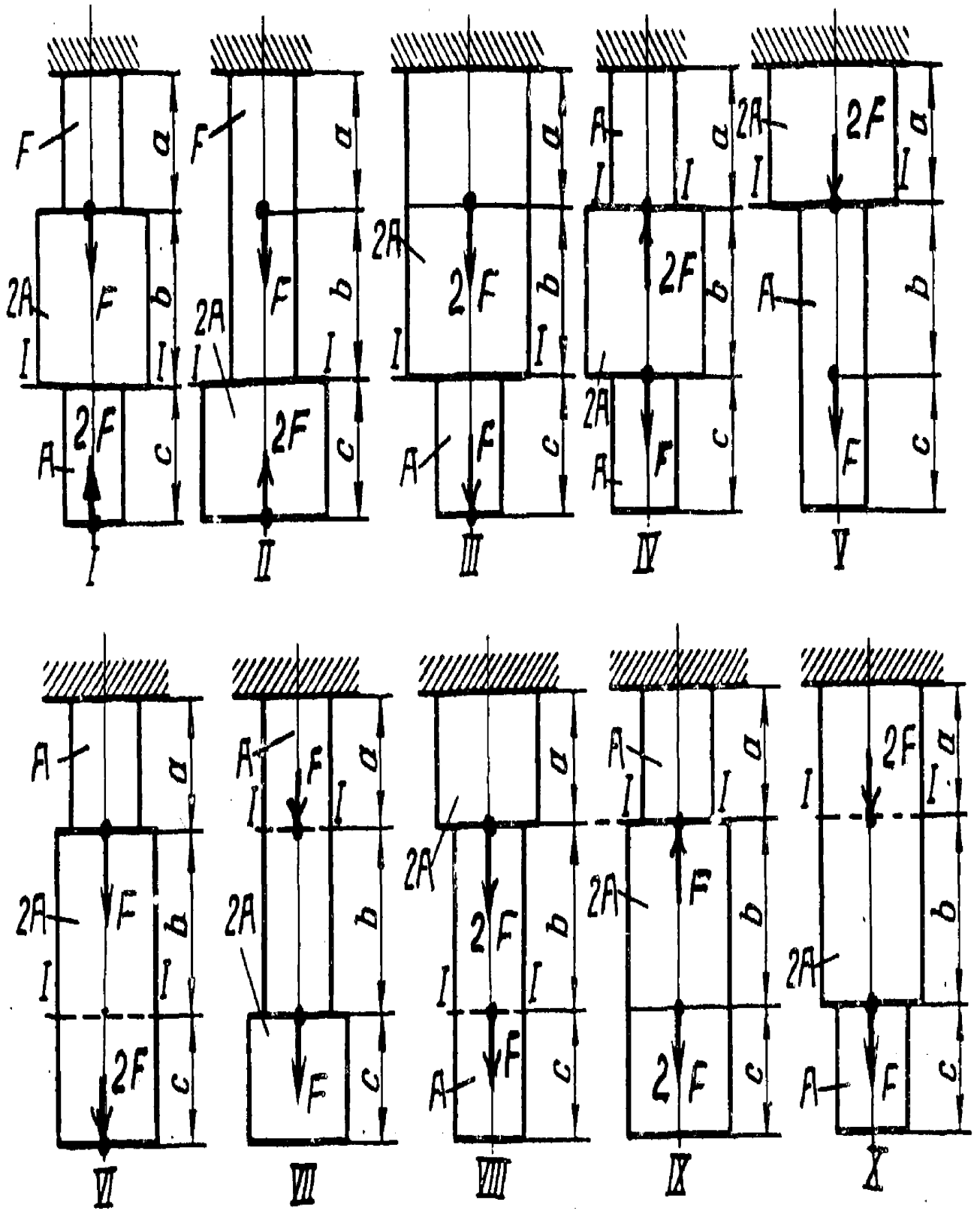
6. Определить перемещение центра тяжести указанного поперечного сечения конструкции.

Вопросы для самоконтроля:

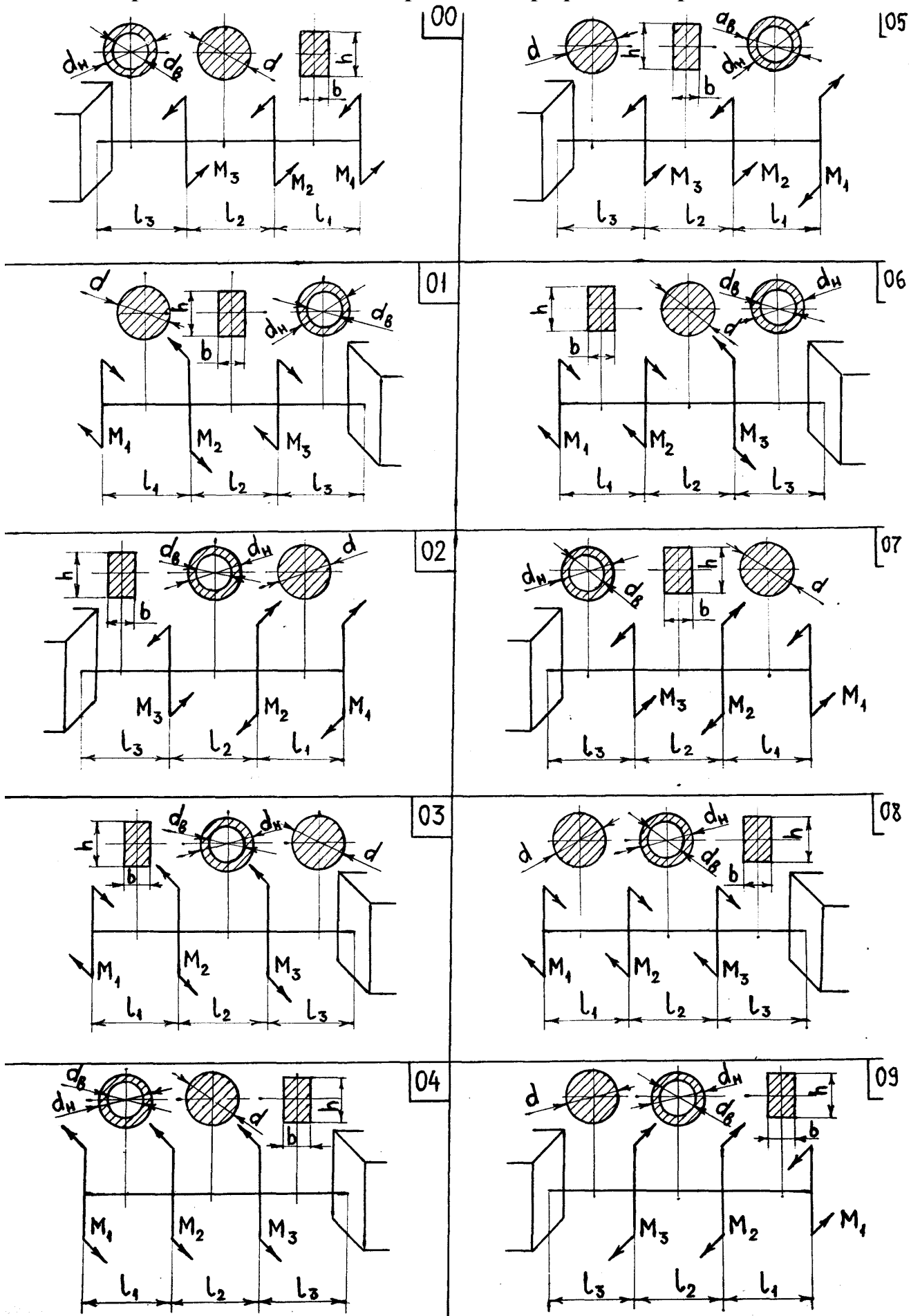
13. Какая конструкция называется пространственной?
14. Как выбирается скользящая система координат на каждом участке рамы?
15. Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса при изгибе с кручением?
16. Как находятся опасные сечения бруса круглого и прямоугольного сечения при изгибе с кручением?

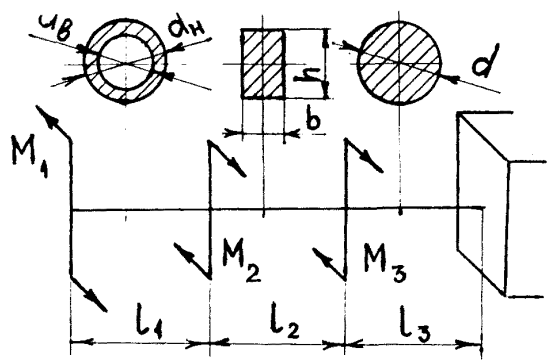
17. Какие точки круглого поперечного сечения являются опасными при изгибе с кручением?
18. Какие точки прямоугольного поперечного сечения являются опасными при изгибе с кручением?
19. Как находится величина расчетного момента при изгибе с кручением бруса круглого сечения?
20. Какой вид имеет условие прочности при совместном действии кручения и изгиба бруса круглого сечения?
21. Какой вид имеет условие прочности при совместном действии кручения и изгиба бруса прямоугольного сечения?
10. Как определяется диаметр вала при совместном действии кручения и изгиба?
11. Как определяются размеры прямоугольного сечения при совместном действии кручения и изгиба?
12. Сколько эпюр распределения по сечению нормальных и касательных напряжений строится в общем случае для круглого поперечного сечения?
13. Сколько эпюр распределения нормальных напряжений и эпюр распределения по сторонам контура сечения касательных напряжений от каждого из составляющих простых видов нагружения строится в общем случае для прямоугольного поперечного сечения?
14. Как определяется перемещение центра тяжести поперечного сечения конструкции в пространственной конструкции?

Приложение А Схемы к расчетно-графической работе№1

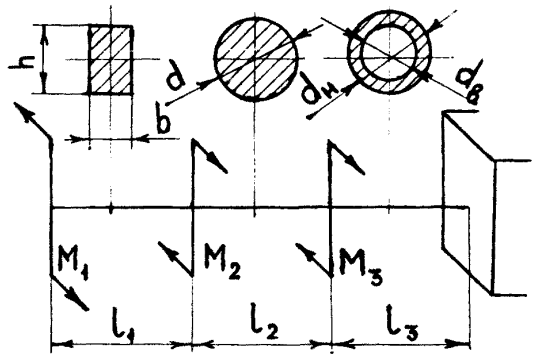


Приложение В Схемы к расчетно-графической работе №3

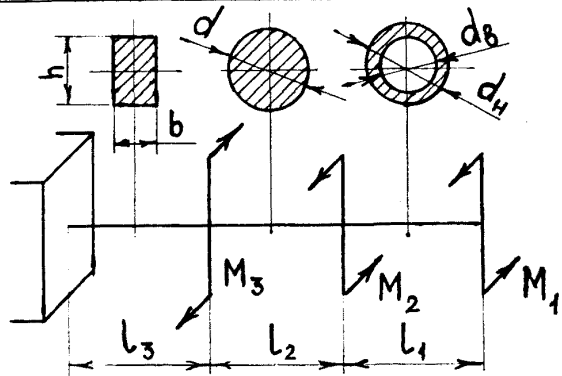




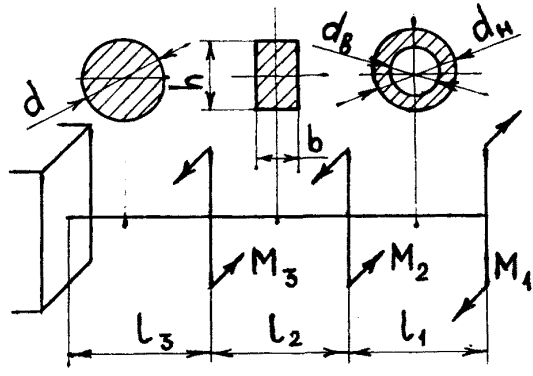
10



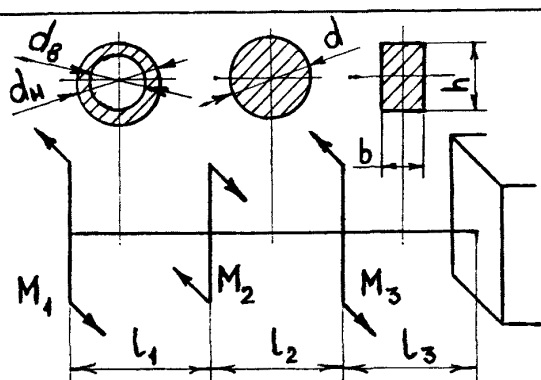
15



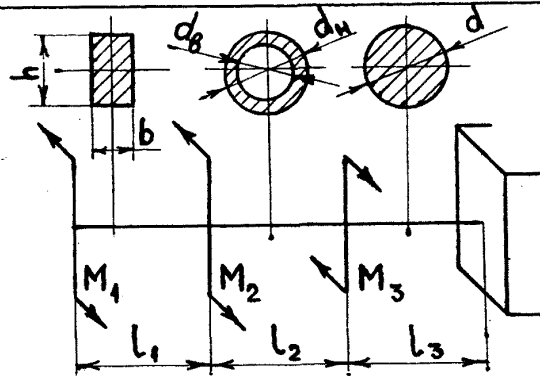
11



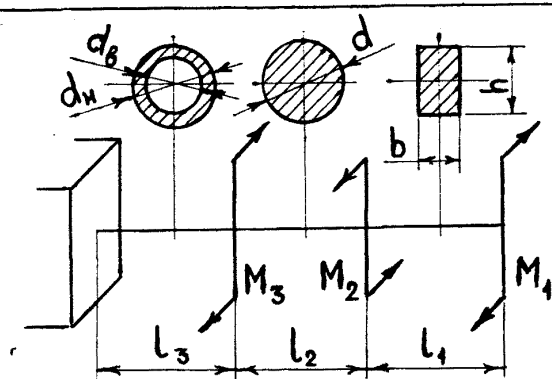
16



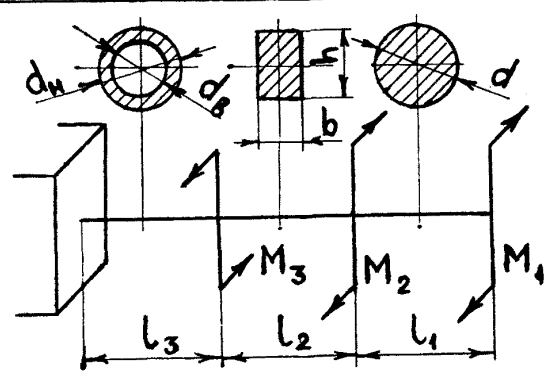
12



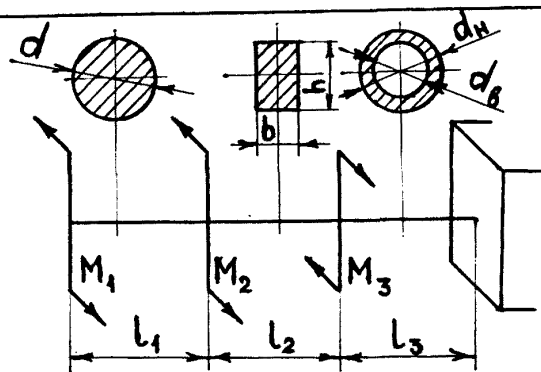
17



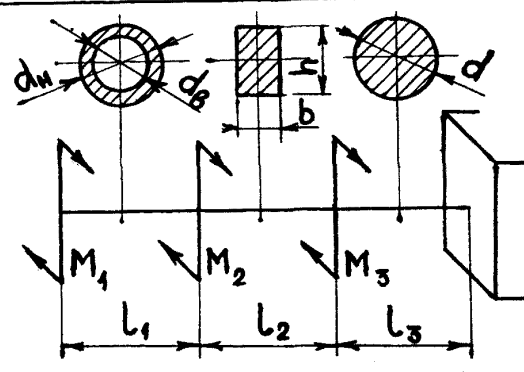
13



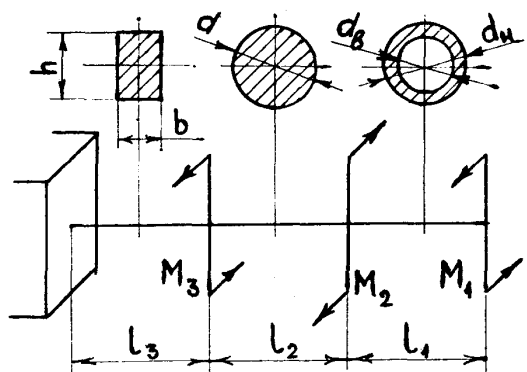
18



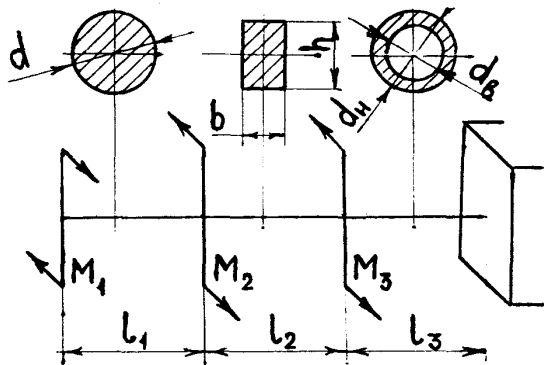
14



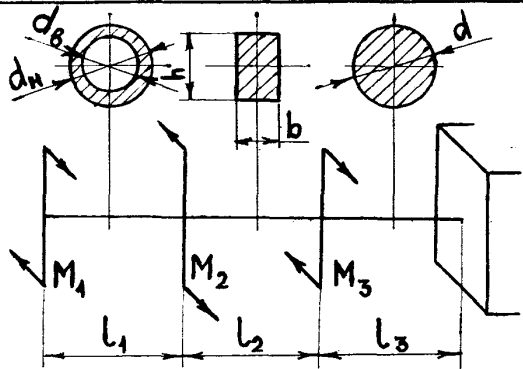
19



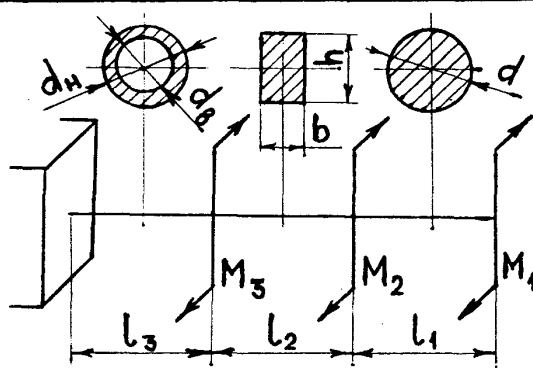
20



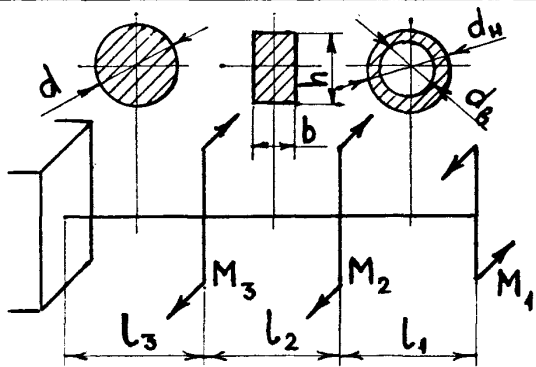
25



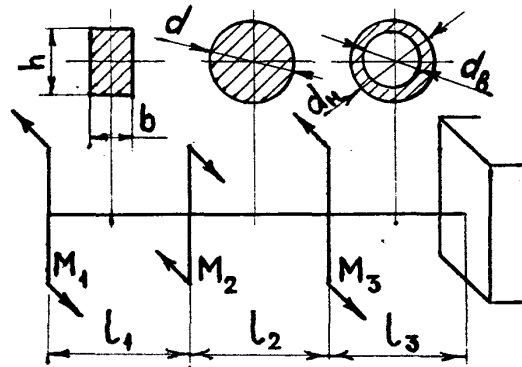
21



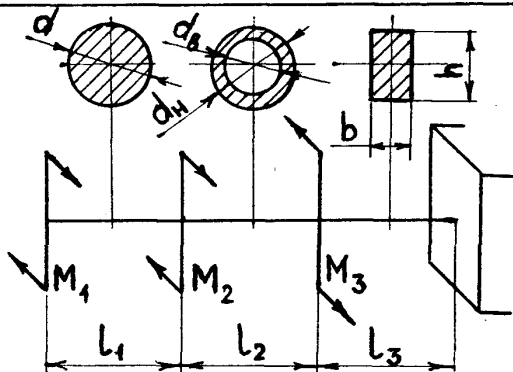
26



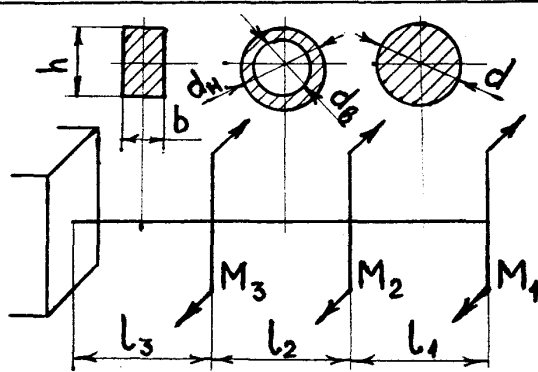
22



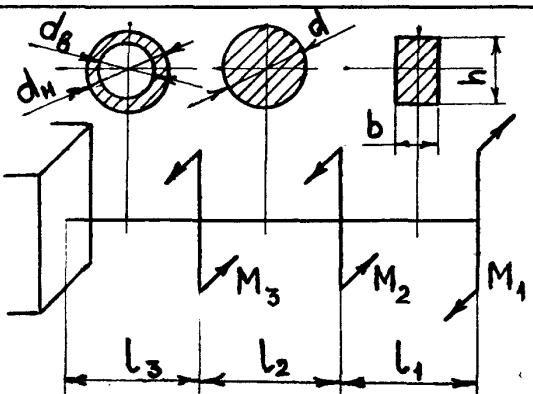
27



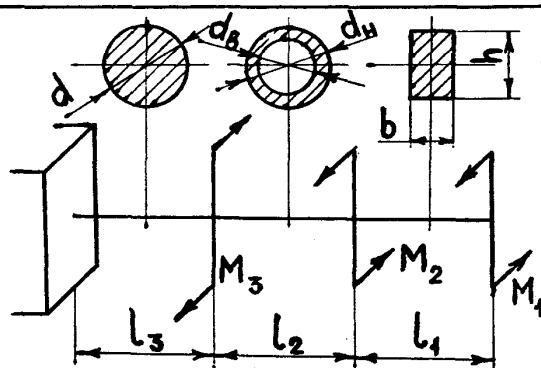
23



28

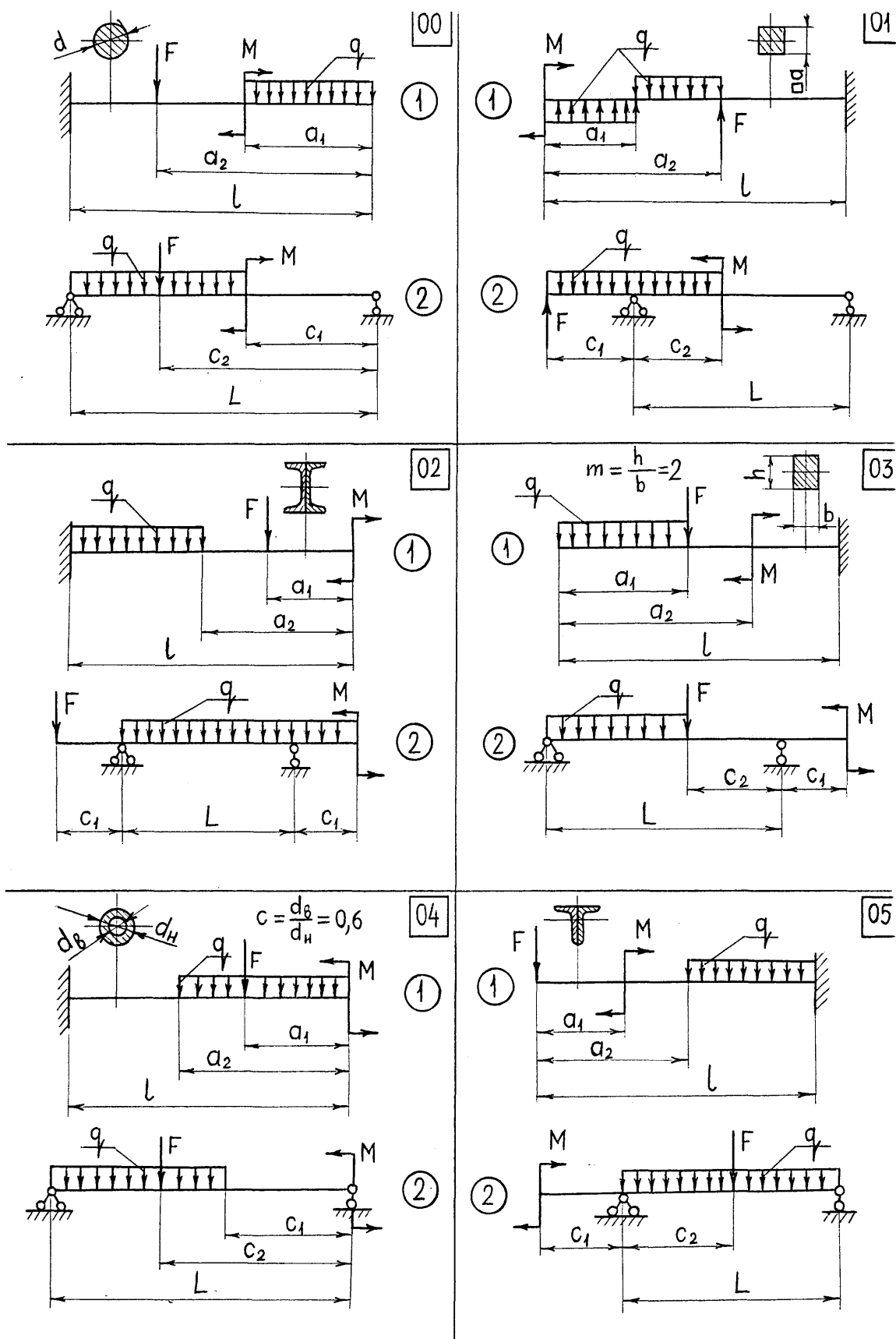


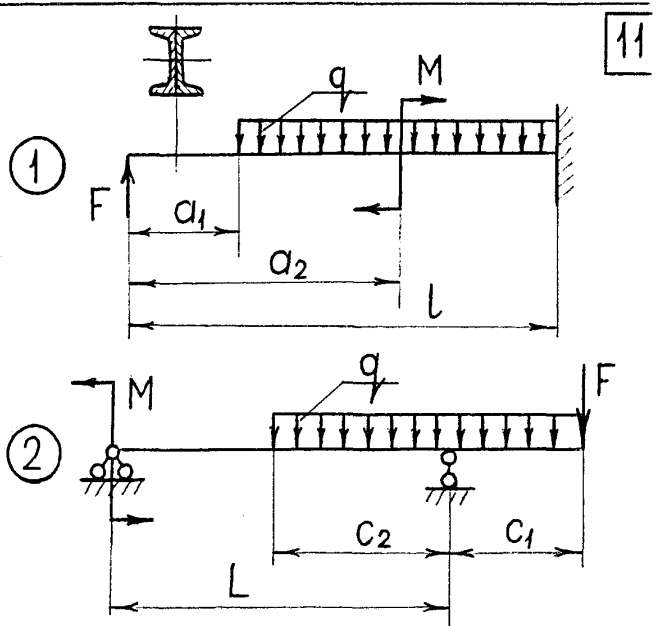
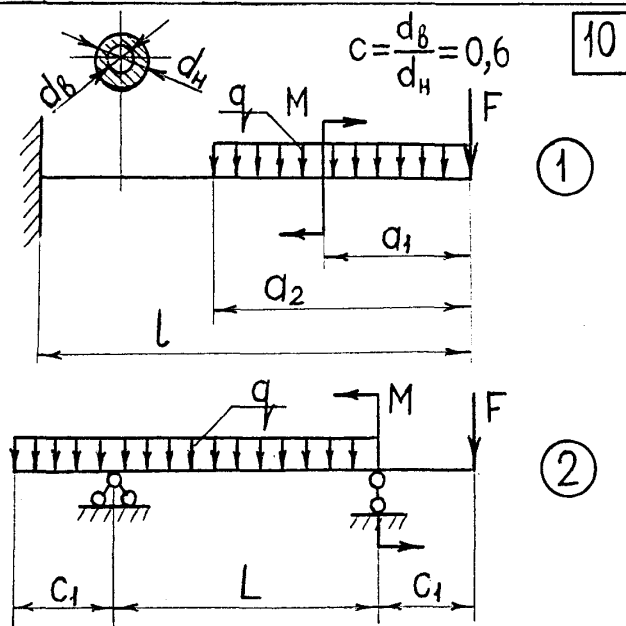
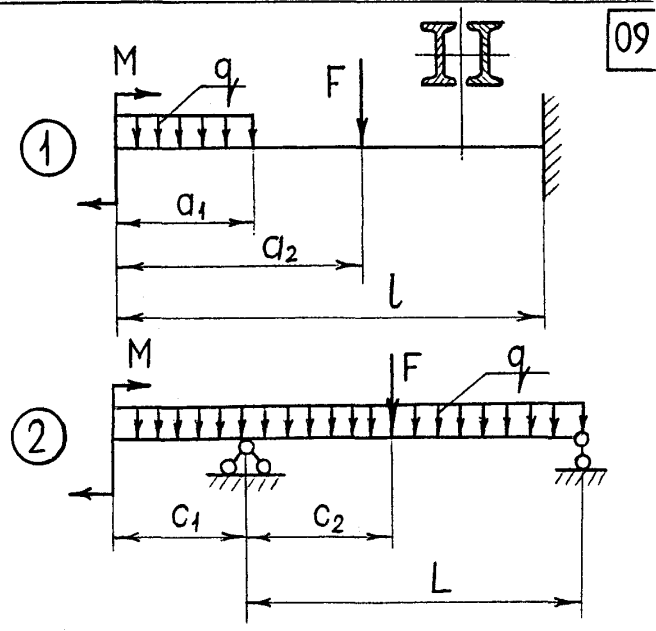
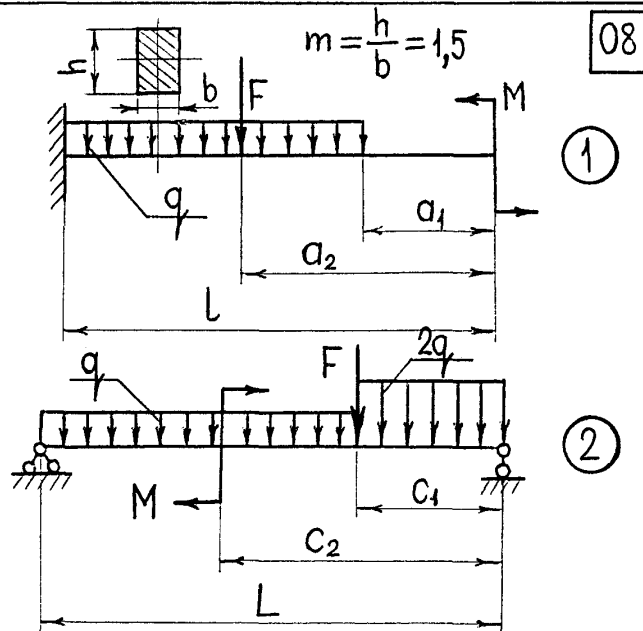
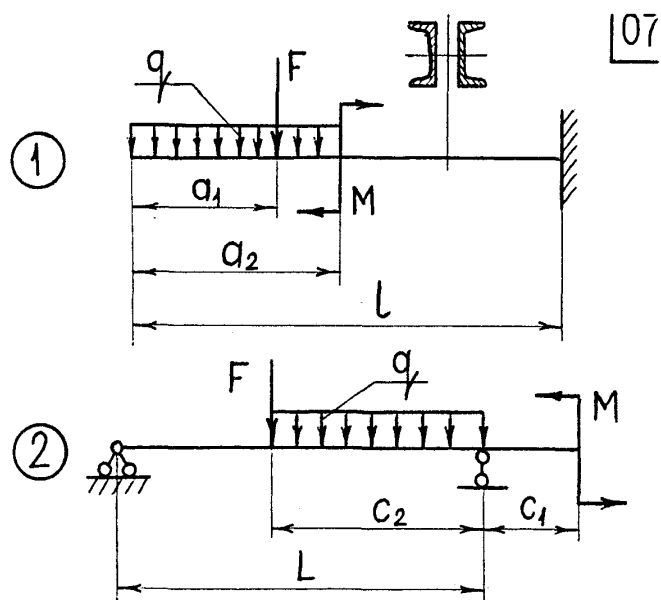
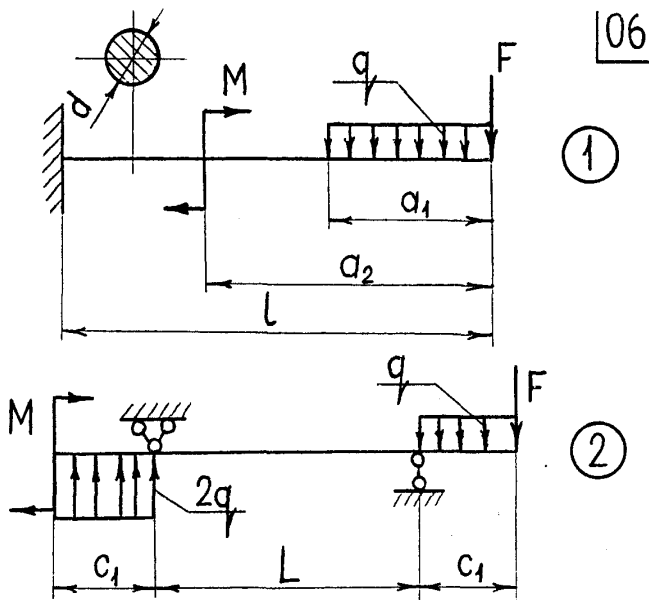
24

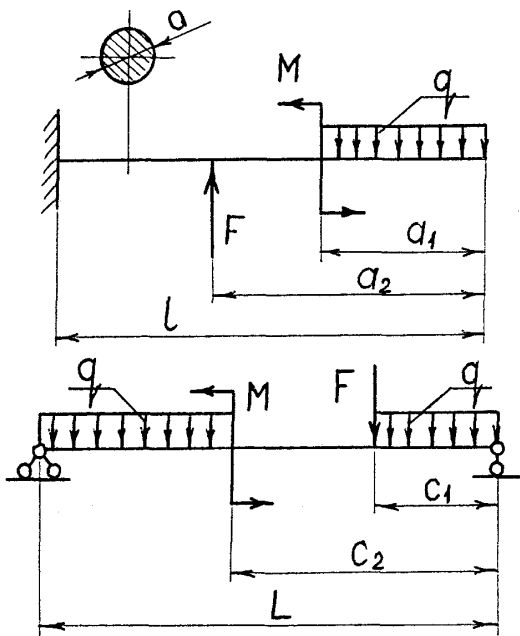


29

Приложение Г Схемы к расчетно-графической работе №4



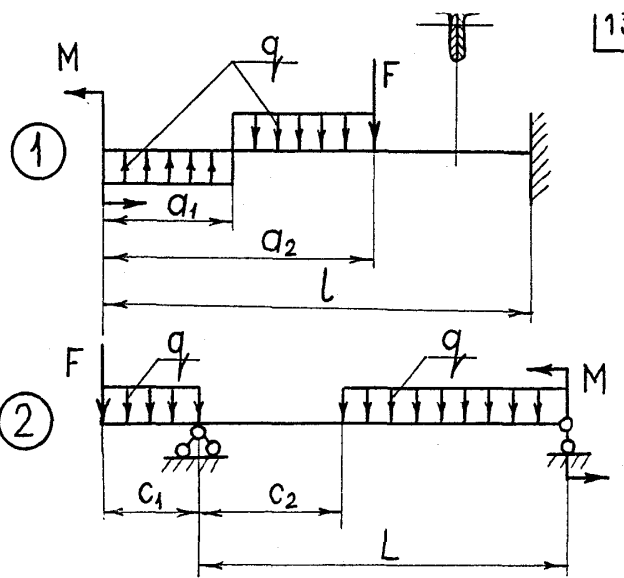




12

①

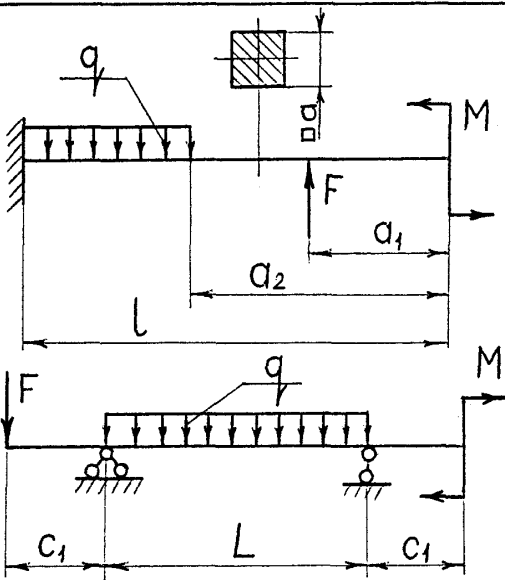
②



13

①

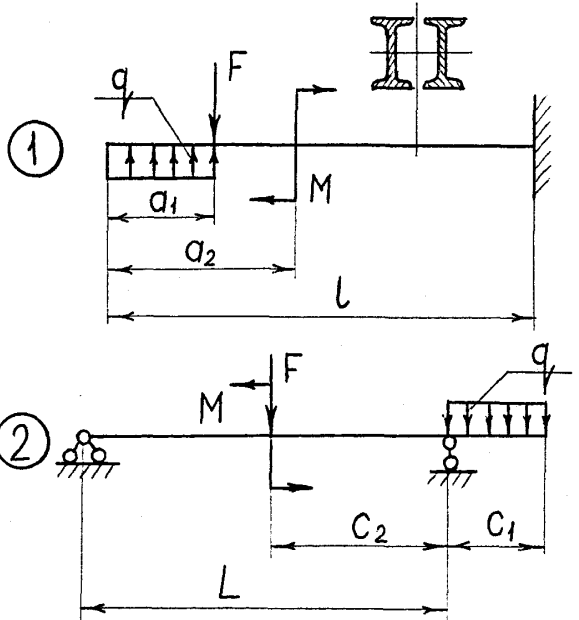
②



14

①

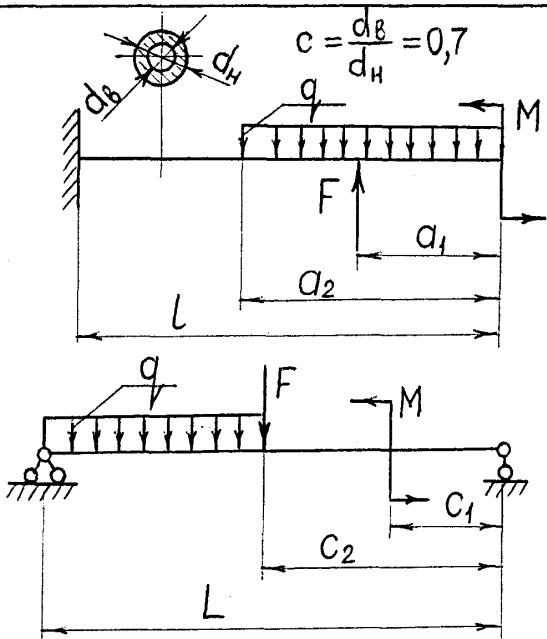
②



15

①

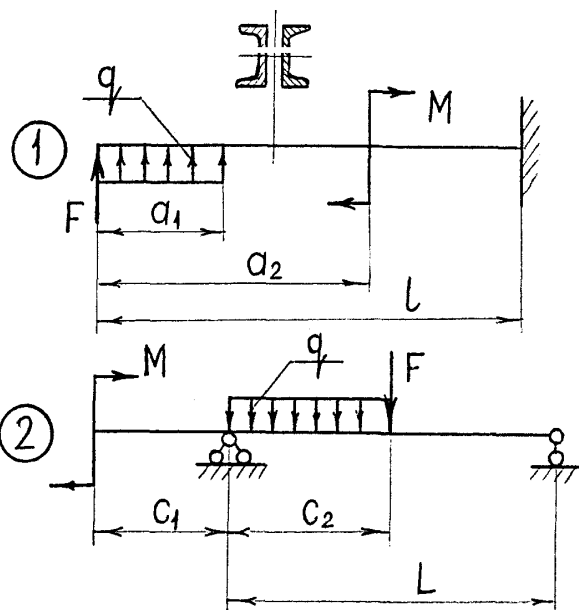
②



16

①

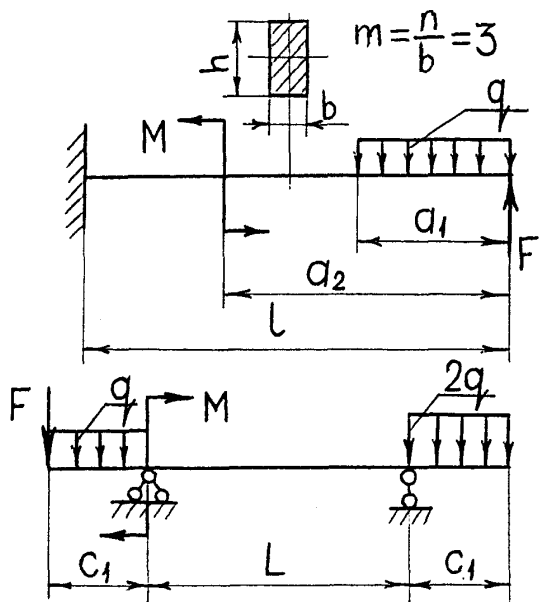
②



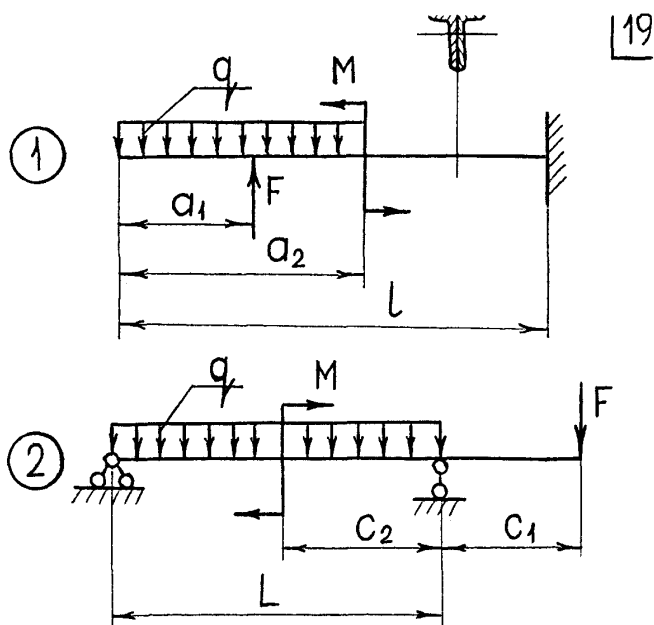
17

①

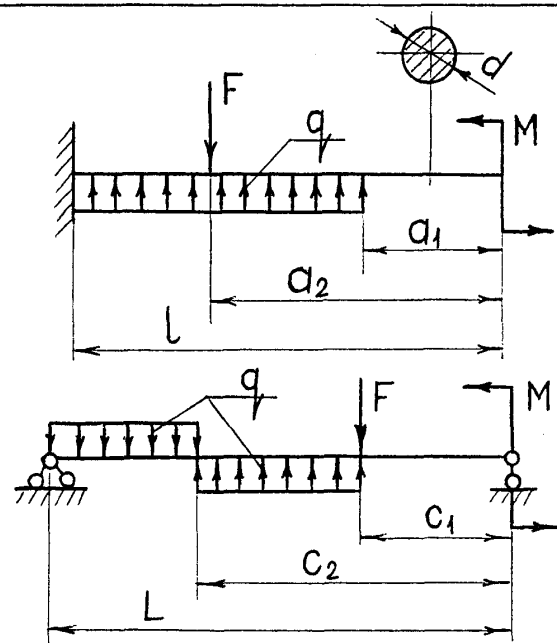
②



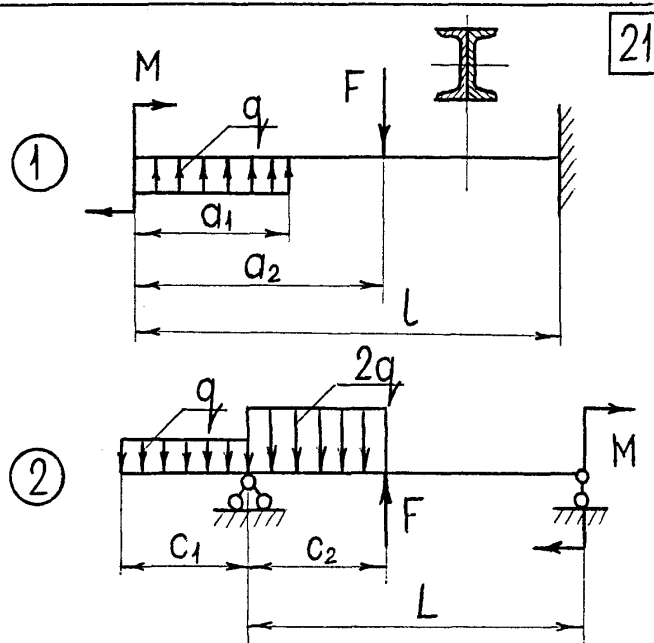
18



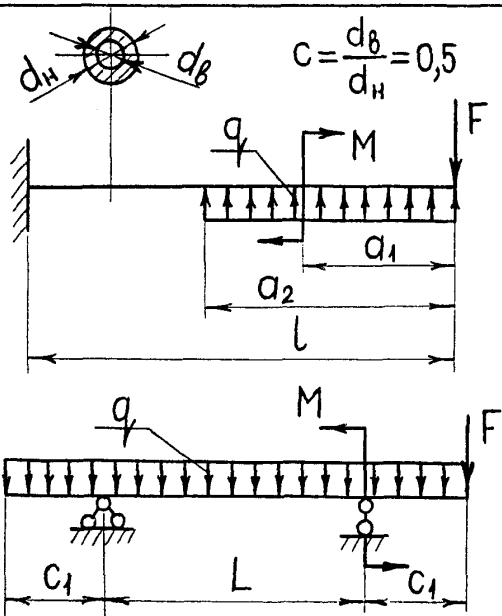
19



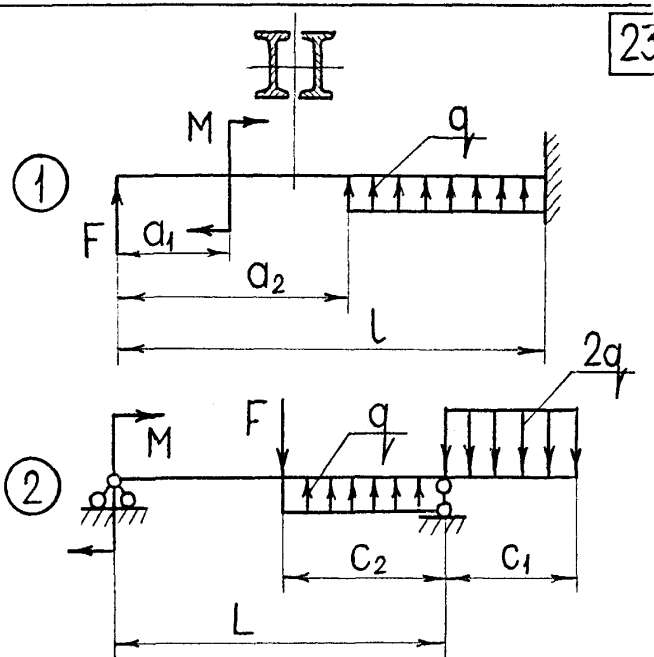
20



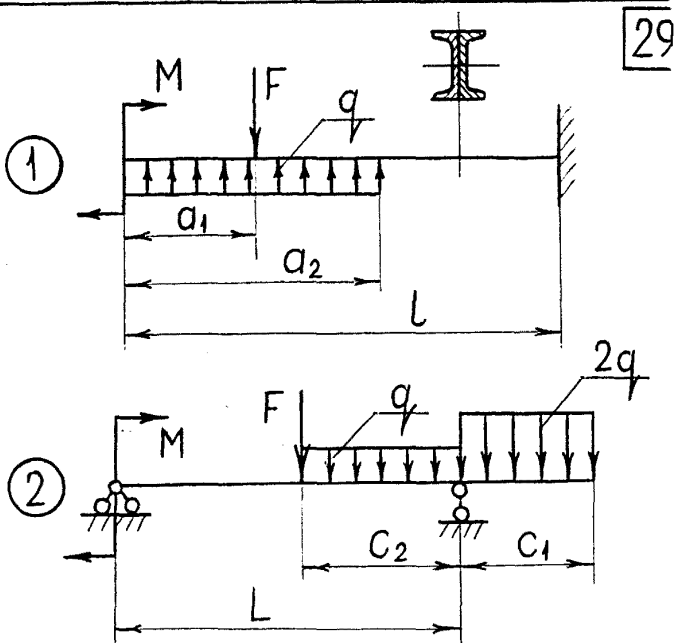
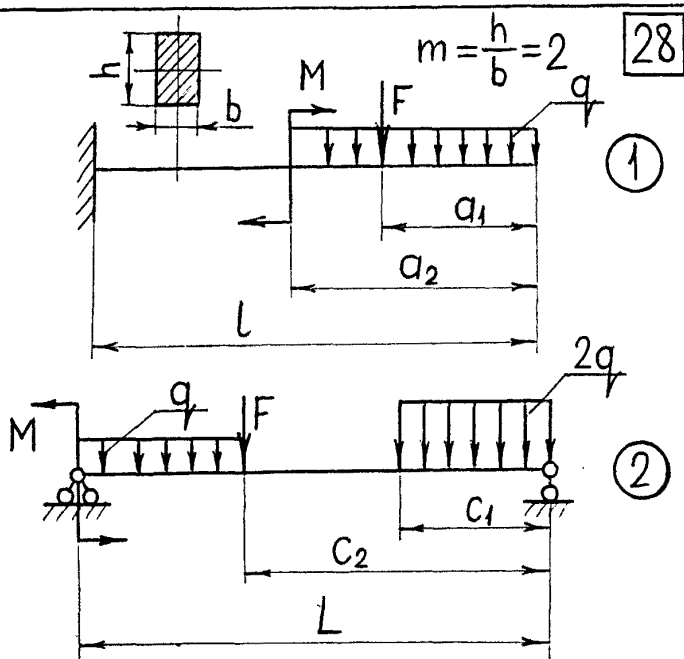
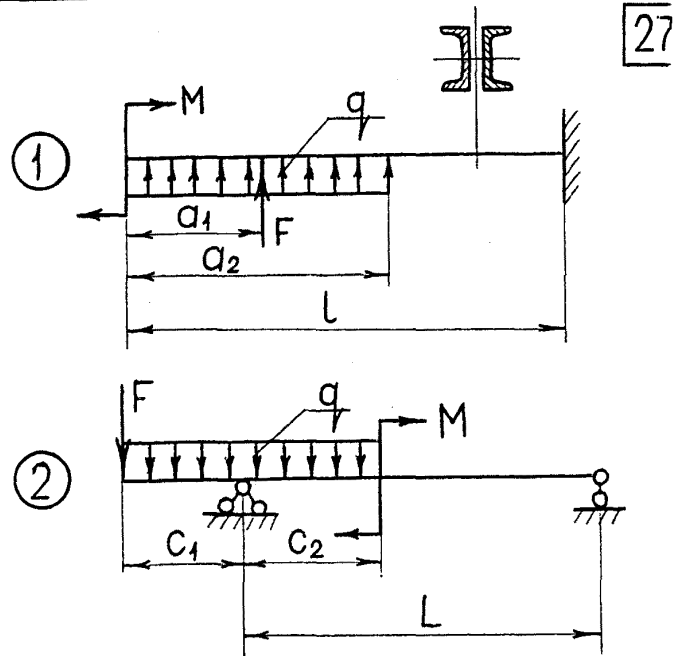
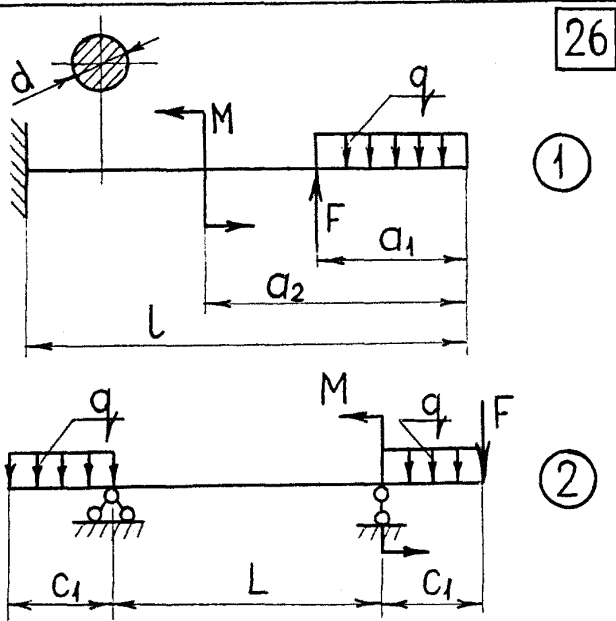
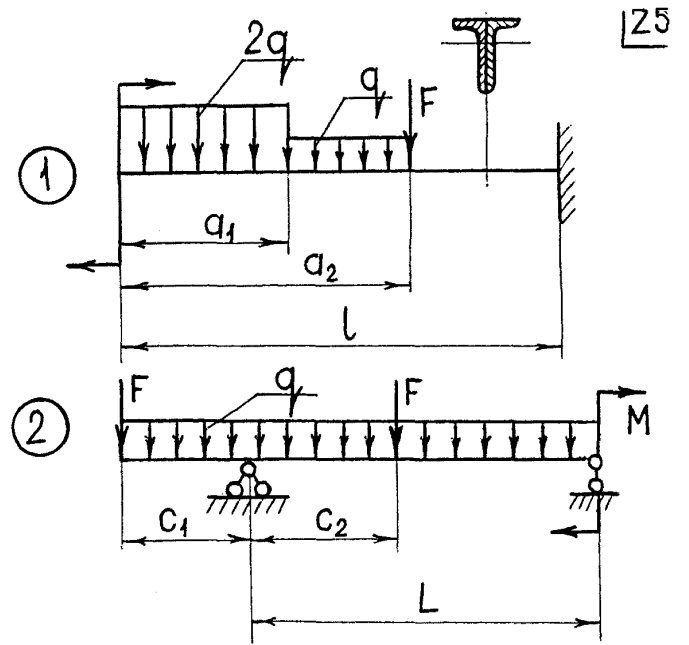
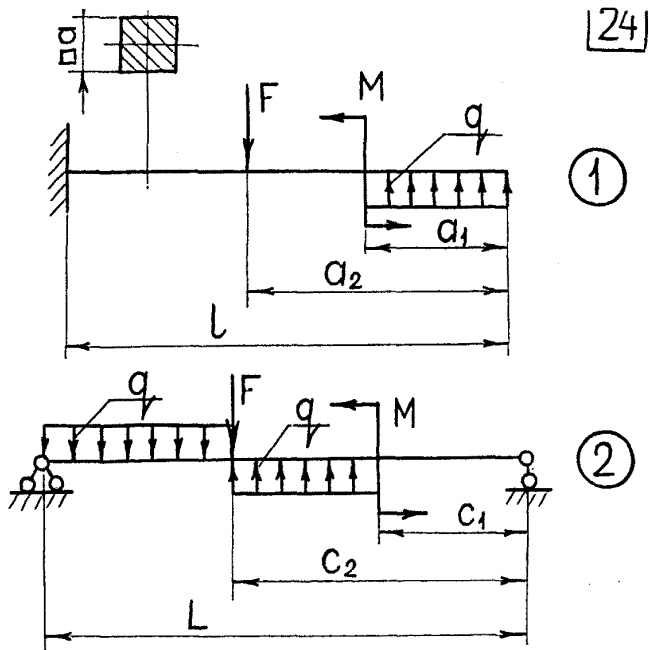
21



22

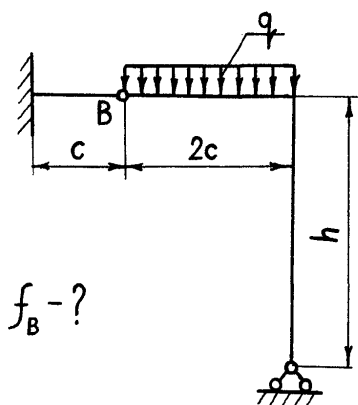


23

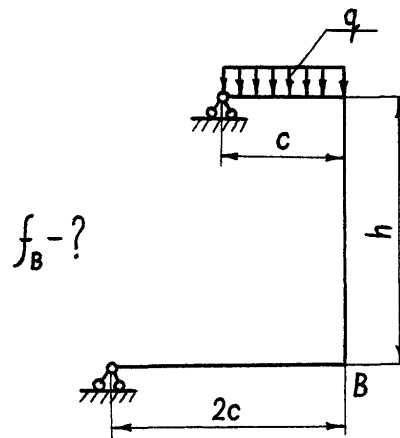


Приложение Д Схемы к расчетно-графической работе №5

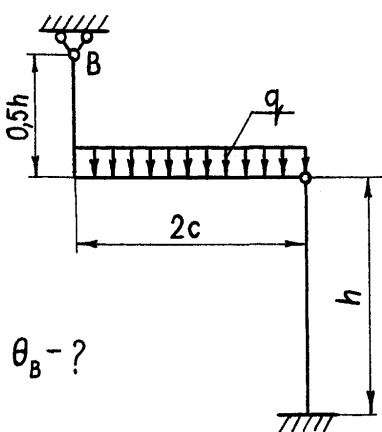
00



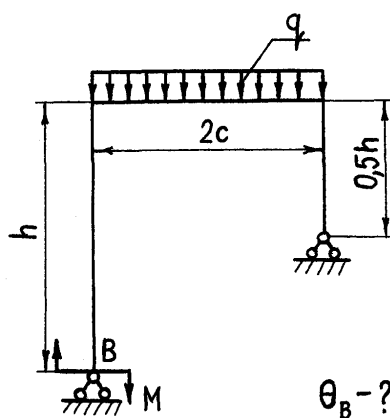
01



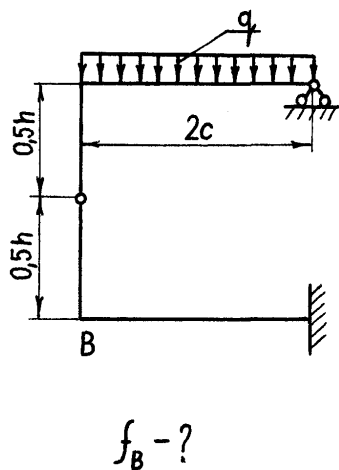
02



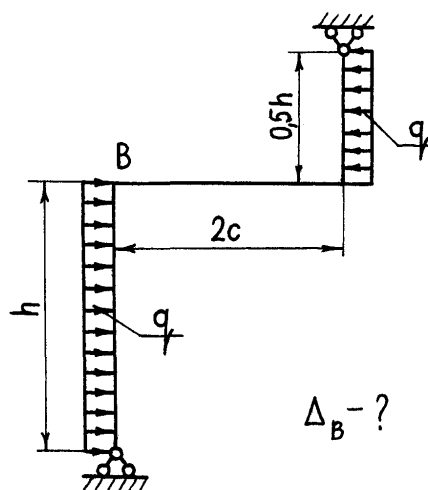
03



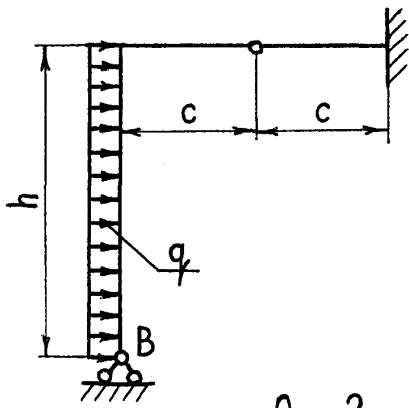
04



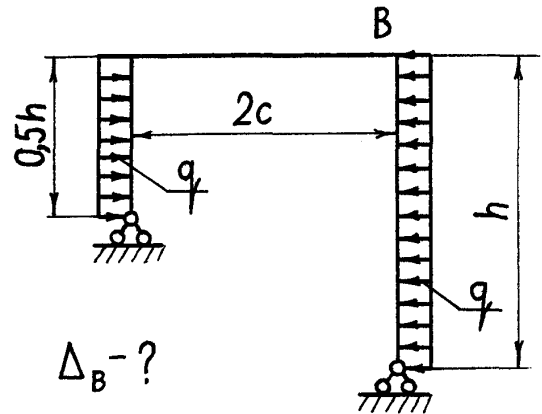
05



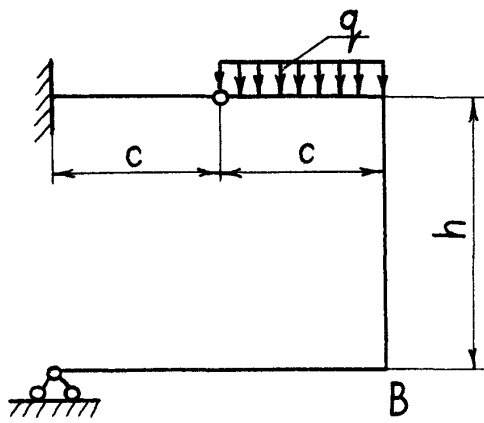
06

 $\theta_B - ?$

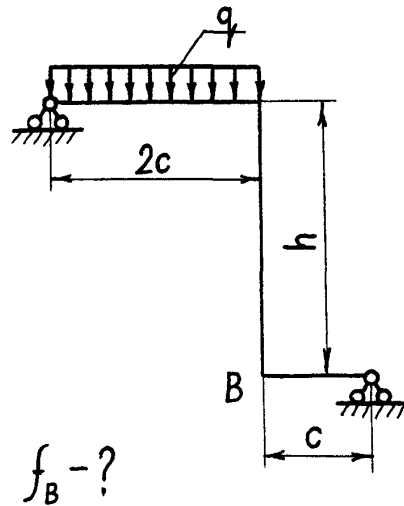
07

 $\Delta_B - ?$

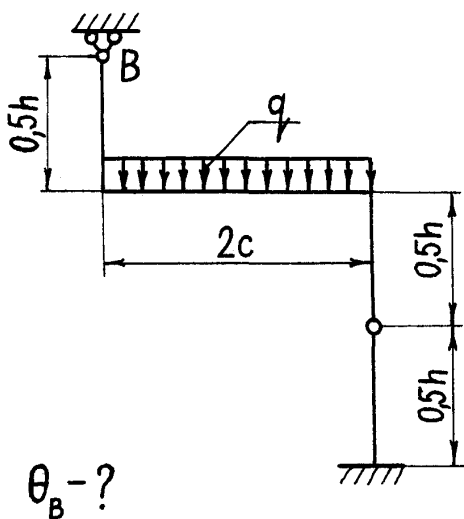
08

 $f_B - ?$

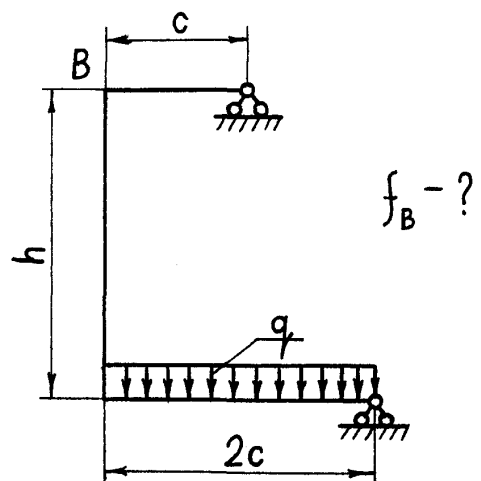
09

 $f_B - ?$

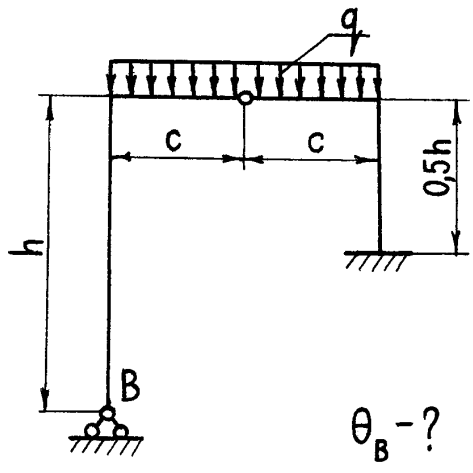
10

 $\theta_B - ?$

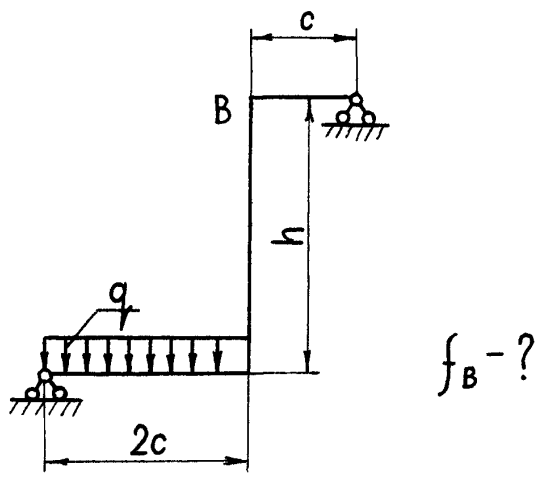
11

 $f_B - ?$

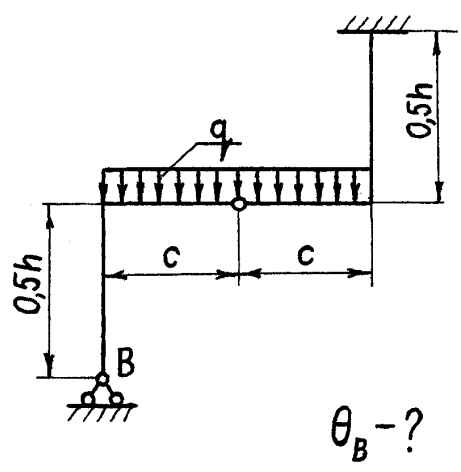
12



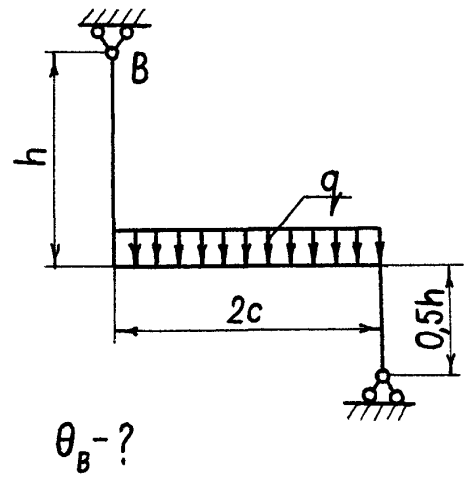
13



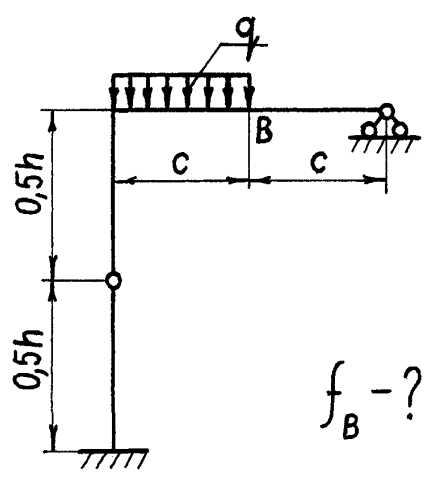
14



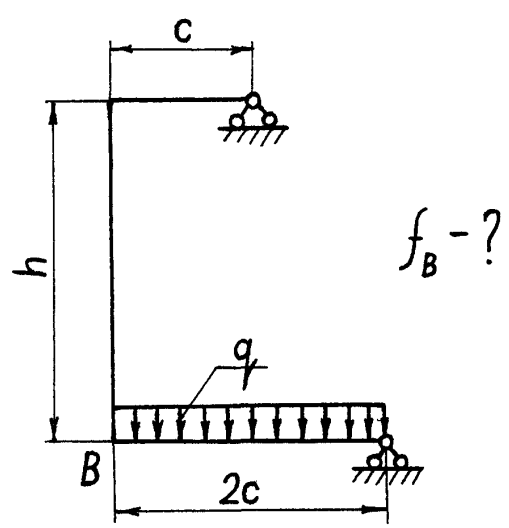
15



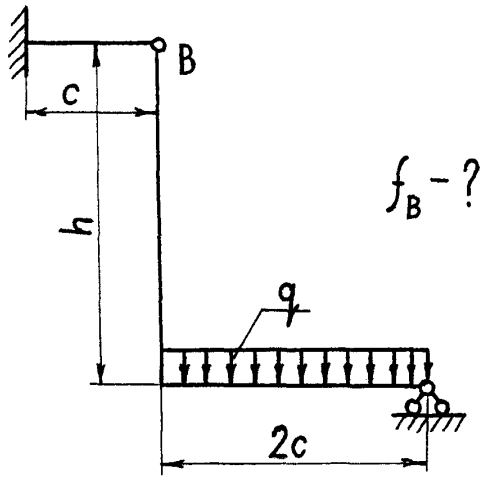
16



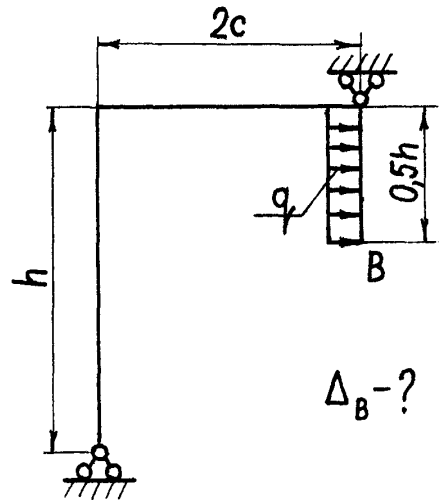
17



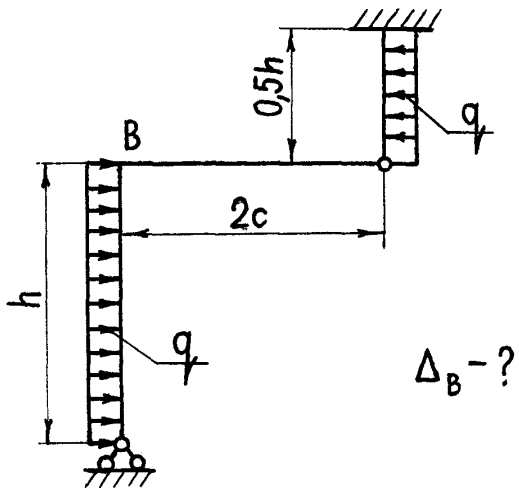
18



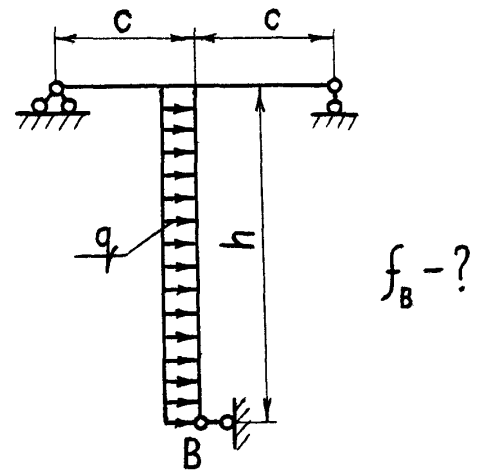
19



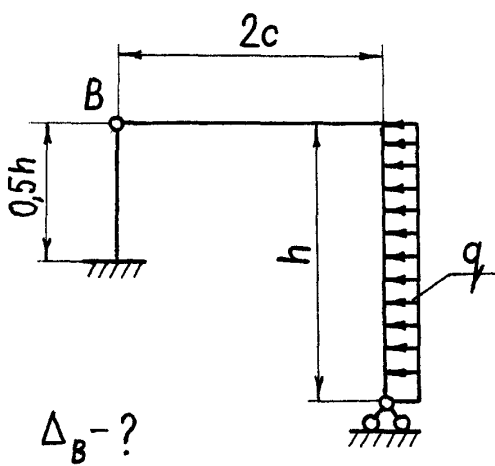
20



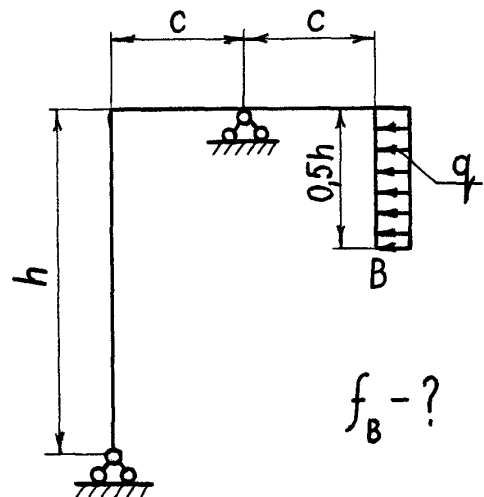
21



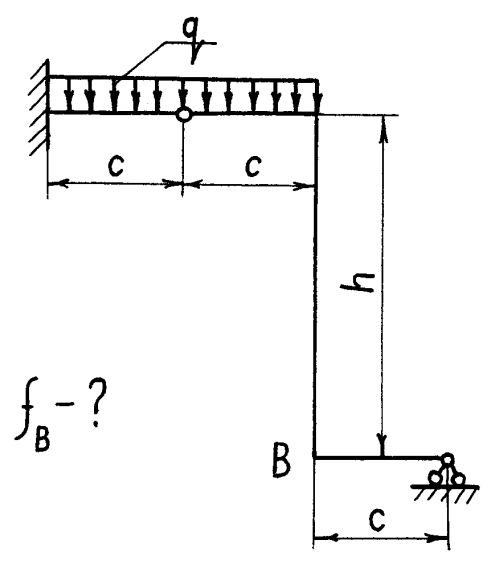
22



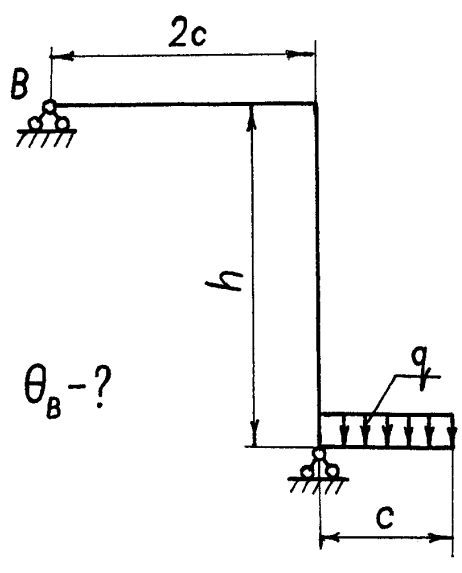
23



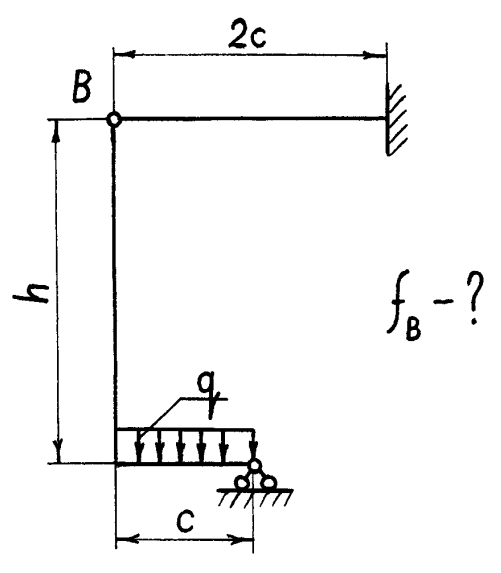
24



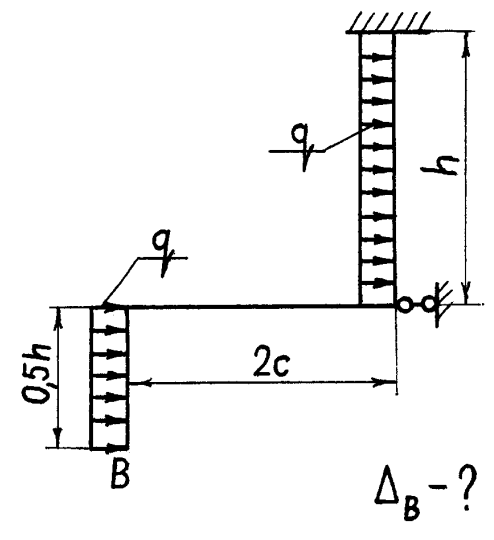
25



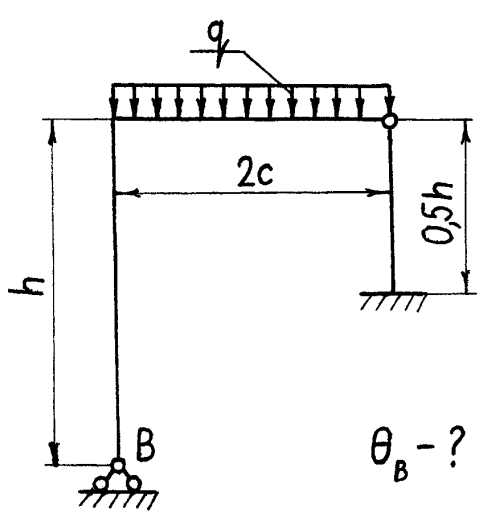
26



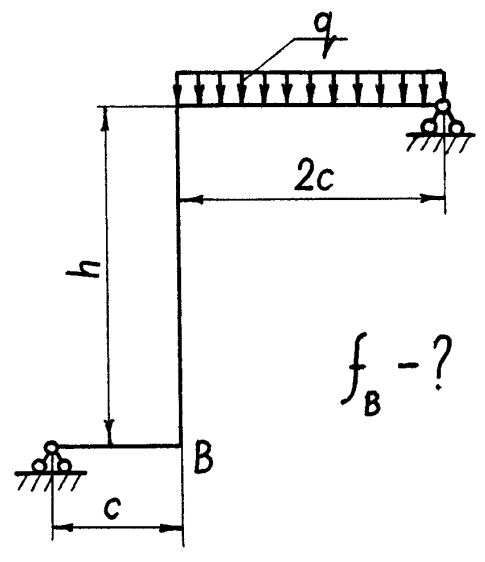
27



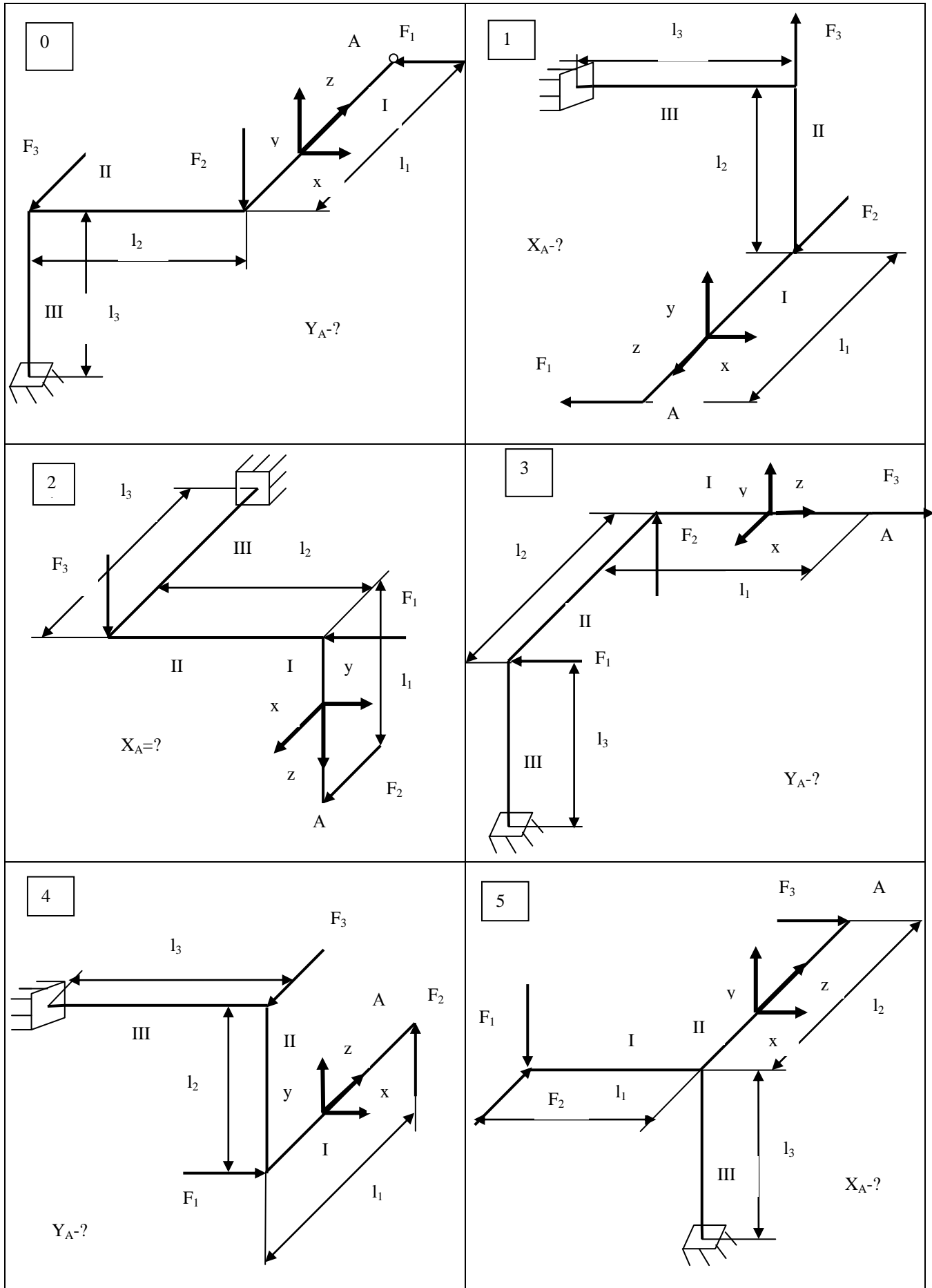
28

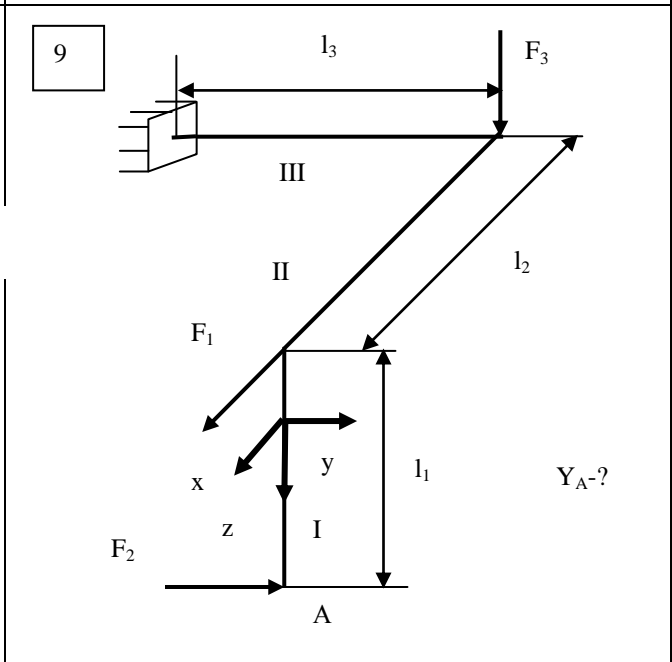
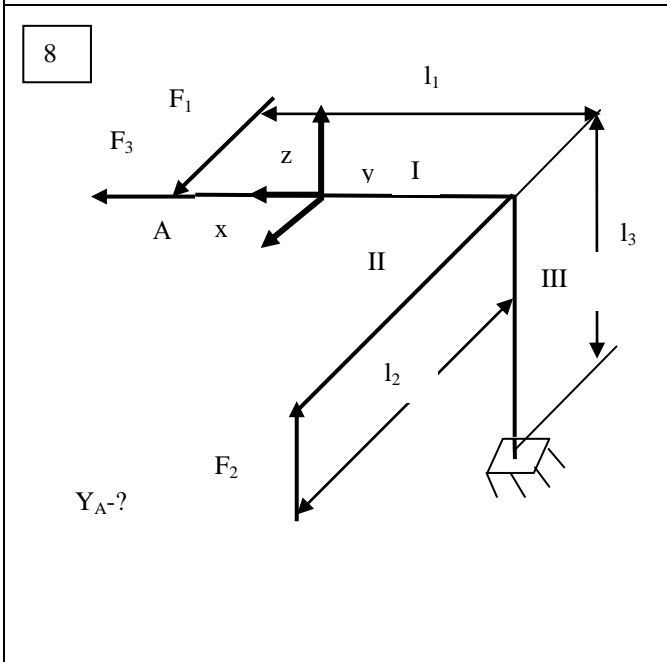
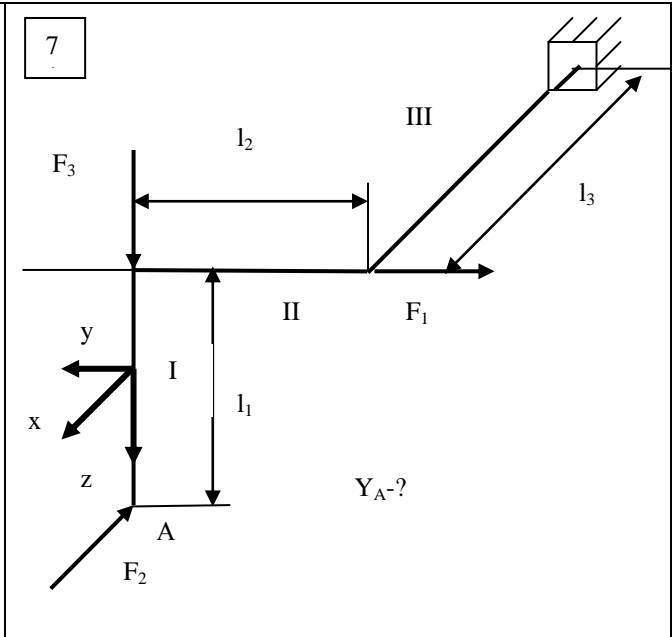
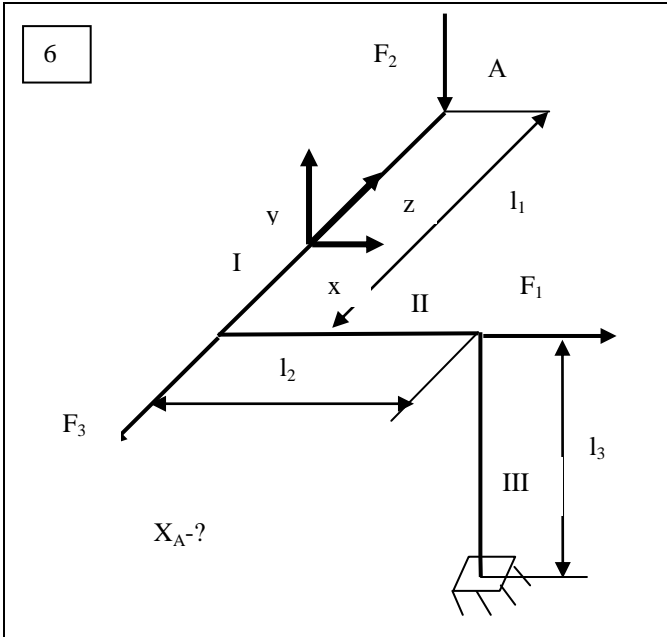


29



Приложение Е Схемы к расчетно-графической работе №6



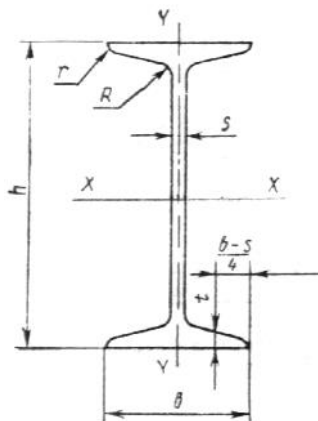


Приложение Ж ГОСТ8239 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент

ДВУТАВРЫ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ Сортамент Hot-rolled steel flange beams. Rolling products	ГОСТ 8239-89
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------

Настоящий стандарт устанавливает сортамент горячекатаных стальных двутавров с уклоном внутренних граней полков.

Поперечное сечение двутавров должно соответствовать указанному на черт.



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

Примечание. Уклон внутренних граней полков должен быть 6—12 %.

Таблица

Номер двутавра	Размеры						Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные значения для осей								
	h	b	s	t	R	r			X — X				Y — Y				
					не более				I_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	I_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см		
	мм																
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22		
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38		
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55		
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70		
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88		
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07		
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27		
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37		
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54		
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69		
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79		
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89		
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	57,00	19060	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03		
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	66,50	27690	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,0	3,09		
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50	39720	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,0	3,23		
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	92,60	55960	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,0	3,39		
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	108,00	76800	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,0	3,54		

В таблицах используют обозначения:

I — момент инерции; W — момент сопротивления; S — статический момент полусечения; i — радиус инерции.

А.И. Притыкин

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания и схемы заданий
к расчетно-графическим работам
для студентов направления подготовки
151100- Технологическое машины и оборудование
150700- Машиностроение

Редактор

УОП ФГБОУ ВПО «КГТУ». Тираж 50экз. Заказ .

Объем 2печ.л.;

Цена договорная.