

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ростовская-на-Дону государственная академия
сельскохозяйственного машиностроения

Кафедра сопротивления материалов и деталей машин

Методические указания и контрольные задания
по дисциплине «Сопротивление материалов»
для студентов-заочников технических специальностей

Ростов-на-Дону
2006

Составители: доктор сельскохозяйственных наук, профессор В. Я. Молотников, старший преподаватель О.Н. Лесняк

УДК 620.10/075.8/

Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Сопротивление материалов» для студентов-заочников технических специальностей/РГАСХМ ГОУ, Ростов н/Д., 2009.— с. 52

Настоящие методические указания составлены для студентов технических специальностей и имеют своей целью облегчить изучение и усвоение студентами - заочниками курса сопротивления материалов.

Брошюра содержит перечень учебной литературы, методические указания к изучению каждого раздела курса, вопросы для самопроверки, а так же задания для контрольных работ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета академии

Рецензент доц. Терещенко В.Я.

Научный редактор проф. Молотников В.Я.

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Сопротивление материалов – это наука о методах расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость. Инженеру любой специальности часто приходится выполнять расчеты на прочность (и/или жесткость). Неправильный расчет может привести к самым тяжелым последствиям, в том числе к травмам и даже гибели работников на производстве. Целью курса сопротивления материалов является определение таких размеров частей сооружений и машин, которые способны обеспечить надежную эксплуатацию и в тоже время экономичность изделия.

Занятия по курсу сопротивления материалов должны сопровождаться составлением конспекта и решением задач. В случаях затруднения при решении задач необходимо воспользоваться имеющимися в задачниках указаниями и решениями, но очень важно научиться решать задачи самостоятельно. Особое внимание следует обратить на вывод формул, на физическую сущность явлений, на допущения и ограничения, которые принимаются в процессе вывода. После изучения темы необходимо ответить на вопросы для самопроверки, что позволит лучше усвоить материал. До сдачи зачета (экзамена) необходимо выполнить контрольные работы и пройти лабораторный практикум.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ТЕМАМ КУРСА

Тема 1. Основные понятия

В этой теме даны основные понятия о прочности, жесткости, устойчивости, а также о допущениях, принимаемых в сопротивлении материалов. Особое внимание следует обратить на понятия напряжений и деформаций. Для определения напряжений необходимо знание внутренних усилий в поперечных сечениях бруса. Эта задача решается с помощью метода сечений. Сущность метода сечений заключается в том, что твердое тело, находящееся в равновесии, мысленно разрезают на две части и отбрасывают одну из частей. Затем заменяют влияние отброшенной части на оставшуюся внутренними силами и составляют уравнение равновесия для оставшейся части. При составлении уравнения равновесия учитывают, что к оставшейся части приложены внешние и внутренние силы, распределенные по сделанному сечению.

Вопросы для самопроверки

1. Какие основные задачи решаются в сопротивлении материалов?
2. В чем различие между сопротивлением материалов и теоретической механикой?
3. Какие допущения принимаются в сопротивлении материалов?
4. Какие виды внутренних усилий могут возникать в поперечном сечении бруса и какие виды деформаций отвечают этим усилиям?
5. В чем сущность метода сечений?
6. В чем разница между упругой и пластической деформацией?
7. Что называется напряжением в точке поперечного сечения?
8. Какие напряжения называются нормальным и какие касательными?
9. Какие напряжения называются предельными напряжениями?
10. Как определяется допускаемое напряжение и что такое коэффициент запаса прочности?
11. Как записывается условие прочности?

Тема 2. Растяжение и сжатие

В этой теме рассмотрены простые случаи воздействия сил на стержень, то есть тот случай, когда силы действуют вдоль оси стержня, а также рассматриваются механические свойства материалов, выбор допускаемых напряжений, статически определимые и неопределимые задачи.

Механическими характеристиками материала являются: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности материала. Они определяются как частное от деления соответствующей нагрузки (полученной экспериментальным путем) на первоначальную (до испытания) площадь поперечного сечения. В результате деления получают условные, а не истинные напряжения. Для вычисления истинных напряжений необходимо нагрузки разделить на действительную площадь поперечного сечения, которая изменяется в процессе эксперимента. Определив истинные напряжения, можно построить истинную диаграмму растяжения материала, которая дает более точные сведения о свойствах материала, чем условная диаграмма.

Очень важно научиться определять внутренние силовые факторы, действующие в сечениях стержня. Применение метода сечений позволяет найти продольную силу в любом сечении стержня. В поперечном сечении стержня возникают только нормальные напряжения, которые, в силу принципа Сен-Венана и гипотезы плоских сечений, распределены в плоскости сечения равномерно. Необходимо усвоить такие понятия как модуль упругости при растяжении, коэффициент Пуассона, абсолютная и относительная деформации, а также запомнить две формы записи закона Гука. Необходимо учитывать, что закон Гука, как и формулы на его основе, справедлив только до предела пропорциональности. Необходимо усвоить также метод расчета конструкции по допускаемым напряжениям, уметь использовать условие прочности на растяжение (сжатие), а также иметь

представление об определении допускаемых напряжений для пластичных и хрупких материалов.

При решении статически неопределимых задач надо обратить внимание на то, что усилия в стержнях статически неопределим системы зависят от площадей поперечных сечений A и от модулей упругости E (жесткость стержня), тогда как в статически определимой системе величины A и E не влияют на распределение усилий. Способ расчета по допускаемым нагрузкам для статически определимых систем дает такие же результаты, как и способ расчета по допускаемым напряжениям, но для статически неопределимых систем он вскрывает дополнительные резервы прочности,

Вопросы для самопроверки

1. Что такое диаграмма растяжения и как она строится?
2. Что называется пределом пропорциональности, пределом упругости, пределом текучести и пределом прочности материала?
3. Что называется упругостью и пределом упругости?
4. Чем характеризуется упругость, прочность и пластичность материала?
5. Что такое наклеп?
6. Какое напряжение выбирается в качестве предельного для пластичных и хрупких материалов?
7. Как найти работу растягивающей силы по диаграмме растяжения?
8. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении стержня при его растяжении (сжатии)?
9. Как строится эпюра продольных сил?
10. Что такое продольная и поперечная деформации стержня при растяжении (сжатии) и какова зависимость между ними?
11. По какой формуле определяется величина напряжения в поперечном сечении стержня?
12. Запишите и сформулируйте закон Гука.

13. Как определяется удлинение (укорочение) участка стержня с постоянным поперечным сечением и постоянной продольной силой?
14. Каков физический смысл модуля продольной упругости?
15. Что называется коэффициентом Пуассона?
16. Что такое допускаемое напряжение и как оно выбирается в зависимости от механических свойств материала?
17. Как записывается условие прочности растянутого стержня? Какие задачи можно решать с помощью этого условия?
18. Как вычисляются абсолютное и относительное удлинение стержня?
19. Какие системы называются статически неопределимыми? Каков порядок их расчета?
20. Как определяют напряжение и деформацию в стержне с учетом его собственного веса?
21. В каких случаях могут возникнуть в стержнях температурные и монтажные напряжения?
22. Что называется напряженным состоянием в точке?

Тема 3. Сдвиг

При изучении данной темы необходимо уяснить понятие «чистый сдвиг». Следует убедиться, что касательные напряжения на двух взаимно перпендикулярных площадках равны между собой (закон парности касательных напряжений). При изучении деформаций необходимо обратить внимание на то, что одна из диагоналей выделенного элемента, по граням которого действуют касательные напряжения, удлиняется, а другая укорачивается; таким образом, явления растяжения – сжатия и сдвига нельзя рассматривать отдельно друг от друга. Есть взаимосвязь между деформациями сдвига и растяжения – сжатия. Она выражается формулой связи между модулем продольной упругости E и модулем сдвига G

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Закон Гука при сдвиге ($\tau = \gamma G$) аналогичен закону Гука при растяжении (сжатии) ($\sigma = \varepsilon E$). Особое внимание следует обратить на примеры практического применения теории сдвига – это условные расчеты на срез заклепочных и сварных соединений. При определении касательных напряжений считают, что касательные напряжения в плоскости среза равномерно распределены. Особое внимание обратить на выбор допускаемых напряжений при сдвиге, а также на основные допущения, положенные в основу расчета на смятие. Надо уметь показывать на чертежах площадки, на которых возникают напряжения среза, смятия и скалывания.

Вопросы для самопроверки

1. Какое напряженное состояние называется чистым сдвигом?
2. Что представляет собой деформация сдвига? Что называется абсолютным и относительным сдвигом?
3. Как формулируется закон Гука при сдвиге? Каков физический смысл модуля сдвига?
4. Запишите взаимосвязь модулей E и G ?
5. Как определяются напряжения в поперечном сечении стержня при чистом сдвиге?
6. Сформулируйте условие прочности при расчетах на срез?
7. Что такое смятие? На каких допущениях основаны расчеты на смятие?
8. Как определяется площадь смятия, если поверхность смятия плоская и если поверхность смятия цилиндрическая?
9. Как рассчитываются заклепочные и сварные соединения на срез?
10. По какому сечению в заклепочном соединении проводится проверка листов на разрыв?

11. Как рассчитываются стыковые, торцевые и фланговые швы?
12. Как определяется удельная энергия деформации сдвига?

Тема 4. Кручение

При изучении этой темы особое внимание необходимо обратить на допущения (гипотезы), на которых основана теория кручения стержня круглого сечения. Далее следует научиться строить эпюры крутящих моментов, которые показывают изменение величины крутящего момента по длине вала. Желательно уметь самостоятельно выполнять вывод формулы для напряжения при кручении стержня круглого сечения.

Нужно также обратить внимание на то, что в случае центрального растяжения (сжатия) нормальные напряжения в поперечном сечении стержня распределены равномерно. При расчете на срез также считают, что касательные напряжения распределены равномерно. В случае же кручения стержня круглого сечения касательные напряжения в поперечном сечении распределяются неравномерно, изменяясь по линейному закону – от нуля на оси вала до максимального значения у его поверхности. Необходимо уметь также рассчитывать диаметр вала из условия прочности по касательным напряжениям и из условия жесткости.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение понятия “крутящий момент в поперечном сечении вала”?
2. Что представляют собой эпюры крутящих моментов и с какой целью они строятся?
3. Какие допущения принимаются в теории кручения бруса круглого поперечного сечения?

4. Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса круглого поперечного сечения?
5. Как вычислить напряжение в любой точке поперечного сечения круглого скручиваемого вала?
6. Что такое полярный момент инерции и полярный момент сопротивления? Как они вычисляются?
7. Чему равен полярный момент сопротивления кольцевого сечения? Равен ли он разности полярных моментов сопротивления наружного и внутреннего кругов кольцевого сечения?
8. По какому закону распределяются напряжения в поперечном сечении круглого вала при кручении?
9. Какой величиной характеризуется деформация при кручении?
10. По каким формулам определяются величины деформации при кручении?
11. Что такое жесткость бруса при кручении?
12. Как вычисляется скручивающий момент, передаваемый шкивом, по заданной мощности и числу оборотов?
13. Запишите условие прочности и жесткости при кручении. Сколько видов расчета можно производить из этого условия?
14. Как определяются напряжения и деформации в пружинах?
15. Как рассчитываются на кручение брусья прямоугольного поперечного сечения?

Тема 5. Геометрические характеристики плоских сечений

В теории изгиба, кручения и других видов деформаций бруса важную роль играют моменты инерции. Перед изучением этой темы очень важно повторить по учебнику теоретической механики темы о статическом моменте и о нахождении центров тяжести плоских фигур. При вычислении моментов инерции необходимо помнить, что они представляют собой ин-

тегралы типа $\int_A x^2 dA$ (осевой, или экваториальный, момент инерции относительно оси Y), или типа $\int_A xy dA$ (центробежный момент инерции относительно осей X и Y). При разборе теоремы о параллельном переносе осей ($J_{y1} = J_y + a^2 A$) необходимо понять, что эта теорема справедлива только в том случае, если ось Y проходит через центр тяжести фигуры. Формула переноса осей наглядно показывает, что наименьшим из моментов инерции относительно нескольких параллельных осей является момент инерции относительно той оси, которая проходит через центр тяжести сечения. Необходимо разобраться в связи между осевыми моментами инерции и полярным моментом инерции.

В теории изгиба важную роль играют главные центральные оси U и V , положение которых определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2J_{yx}}{J_y - J_x}.$$

Затем находят величины главных моментов инерции. При расчете сечений, состоящих из прокатных профилей, необходимо воспользоваться данными таблиц сортамента, которые, как правило, находятся в конце учебника по сопротивлению материалов.

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях кроме площади необходимы также другие геометрические характеристики сечений?
2. Как определяются основные геометрические характеристики плоских сечений? Какова размерность этих величин?
3. Чему равен статический момент относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения?
4. Как определяются координаты центра тяжести простого и сложного сечений?

5. Чему равна сумма осевых моментов инерции сечения относительно двух взаимно перпендикулярных осей?

6. Какова зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей, одна из которых центральная?

7. Какие оси называются главными и какие главными центральными?

8. Как определяются величины главных центральных моментов инерции и положение главных центральных осей инерции?

9. В каких случаях можно без вычисления установить положение главных центральных осей?

10. Как определяется момент инерции прямоугольника относительно центральной оси, параллельной одной из его сторон?

11. Какой из двух моментов инерции квадратного сечения больше: относительно центральной оси, проходящей параллельно сторонам, или относительно оси, проходящей через диагональ?

12. Как определяются моменты инерции круга: полярный относительно его центра и осевой относительно диаметра?

13. Какой из двух моментов инерции треугольника больше: относительно оси, проходящей через основание, или относительно оси, проходящей через вершину параллельно основанию?

Тема 6. Теория напряженного состояния и теории прочности

Главные напряжения играют значительную роль при решении вопроса о прочности материала; одно из этих напряжений является наибольшим, а другое – наименьшим из всех нормальных напряжений для данной точки.

Надо обратить внимание на полную аналогию между формулами для напряжений, возникающих на наклонных площадках, и формулами для моментов инерции относительно осей, наклоненных к главным осям инерции. В этих формулах главным напряжениям соответствуют главные мо-

менты инерции; напряжениям на площадках, наклоненных к главным под некоторым углом α , соответствуют моменты инерции относительно осей, наклоненных к главным под углом таким же углом; касательным напряжениям соответствуют центробежный момент инерции. Можно убедиться в следующей аналогии:

Касательные напряжения на главных площадках равны нулю	Центробежный момент инерции относительно главных осей равен нулю
Одно из главных напряжений является максимальным, а другое – минимальным	Один из главных моментов инерции является максимальным, а другой – минимальным
Угол наклона главных площадок определяется по формуле $tg2\alpha_0 = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$	Угол наклона главных осей находится по формуле $tg2\alpha_0 = \frac{2J_{xy}}{J_y - J_x}$

Различают три вида напряженных состояний:

- линейное (одноосное) напряженное состояние, при котором только одно из главных напряжений σ_1 не равно нулю;
- плоское (двухосное) напряженное состояние, при котором два главных напряжения отличны от нуля;
- объемное (трехосное) напряженное состояние, при котором все три главных напряжения ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) отличны от нуля.

При линейном напряженном состоянии для определения прочности материала необходимо определить опасное напряжение σ_0 из опыта на

простое растяжение (или сжатие), назначить коэффициент запаса прочности k и сравнить главное напряжение σ с допускаемым напряжением:

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_0}{k}.$$

В случае плоского или объемного напряженного состояния задача осложняется, так как неизвестно, при какой комбинации числовых значений главных напряжений наступает опасное состояние материала. В этих случаях необходимо найти некоторое гипотетическое напряжение, зависящее от главных напряжений, при котором возникает опасность разрушения, затем числовое его значение сравнить с допускаемым напряжением, установленным из опыта на одноосное растяжение (сжатие). Это гипотетическое напряжение называют эквивалентным напряжением. В зависимости от того, какой фактор по данной гипотезе (теории) прочности считается решающим и создающим опасное состояние материала, получаются различные расчетные формулы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие площадки и какие напряжения называются главными?
2. Какие имеются виды напряженного состояния материала?
3. В чем заключается закон парности касательных напряжений?
4. Какие напряжения возникают в наклонных площадках растянутого (сжатого) стержня и как они вычисляются?
5. Какие площадки называются площадками сдвига и как они расположены в растянутом (сжатом) стержне?
6. Какие правила знаков приняты для нормальных и касательных напряжений?
7. Чему равна сумма нормальных напряжений по двум взаимно перпендикулярным площадкам?
8. Чему равны и в каких площадках действуют экстремальные нормальные и касательные напряжения в растянутом (сжатом) стержне?

9. Как решается прямая задача при плоском напряженном состоянии?
10. Как изображается напряженное состояние в точке?
11. Как решается обратная задача с помощью круга Мора?
12. Как определяются максимальные касательные напряжения в случае объемного напряженного состояния?
13. Сформулируйте обобщенный закон Гука.
14. Как вычисляется относительное изменение объема и в каком случае оно равно нулю.
15. Как определяется полная удельная потенциальная энергия деформации, удельная энергия изменения объема и формоизменения?
16. Как формулируется первая теория прочности?
17. Как находится расчетное (эквивалентное) напряжение по второй теории прочности?
18. Зависит ли эквивалентное напряжение по третьей теории прочности от величины второго главного напряжения?
19. Какая часть удельной потенциальной энергии деформации учитывается при определении эквивалентного напряжения по четвертой теории прочности?

Тема 7. Поперечный изгиб

Изучение этой темы надо начинать с выяснения вопроса о внутренних усилиях (силовых факторах), действующих в поперечных сечениях балки при изгибе. Легко установить, что внутренними силовыми факторами будут изгибающий момент M и поперечная сила Q . Необходимо помнить, что поперечная сила в данном сечении равна алгебраической сумме внешних сил, расположенных только по одну сторону (справа или слева) от рассматриваемого сечения, а изгибающий момент в данном сечении равен алгебраической сумме моментов внешних сил (расположенных слева или справа от сечения), взятых относительно центра тяжести рассматри-

ваемого сечения. При вычислении, например, изгибающего момента в сечении балки как момента левых сил, рекомендуется закрывать чем-либо (рукой, листом бумаги, книгой) часть балки, расположенную правее рассматриваемого сечения, чтобы открытыми оставались только одни левые силы. Можно рассматривать как одни левые, так и одни правые силы, в зависимости от того, как проще получить выражения Q и M . При этом необходимо строго придерживаться правила знаков для внешних и внутренних силовых факторов. Необходимо научиться свободно строить эпюры M и Q . Для проверки правильности построения эпюр целесообразно пользоваться теоремой Журавского, устанавливающей дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки.

Необходимо уметь выводить формулы для определения нормальных и касательных напряжений в произвольной точке сечения балки. Особое внимание следует обратить на неравномерность распределения нормальных и касательных напряжений по высоте сечения (рис.1) и на то, что прочность балки зависит от величины момента сопротивления W . Формула для определения нормальных напряжений для случая чистого изгиба справедлива и для поперечного изгиба. При расчете балки необходимо научиться применять условие прочности по нормальным и касательным напряжениям. Путем сравнения эпюр изгибающих моментов и поперечных сил для балки прямоугольного сечения, убедиться, что нормальные напряжения по величине намного больше касательных. Следовательно, во многих случаях можно пренебречь касательными напряжениями и вести расчеты на изгиб только по нормальным напряжениям.



Рис.1.

Полезно ознакомиться с понятием центра изгиба. После этого следует перейти к изучению вопроса об определении углов поворота поперечных сечений и прогибов балки интегрированием дифференциального уравнения изогнутой оси балки. Необходимо познакомиться с методом начальных параметров и графоаналитическим методом определения перемещений. В заключение этой темы следует рассмотреть методику расчета статически неопределимых балок и рам.

Вопросы для самопроверки

1. В каком случае брус работает на изгиб? Какой изгиб называется плоским?
2. Какие нагрузки вызывают деформацию изгиба бруса?
3. Какие типы опор балок применяются в технике и какие реакции возникают в этих опорах?
4. Какие типы статически определимых балок используются в технике и их примеры?
5. Что представляют собой статически неопределимые балки и рамы?
6. Какие уравнения используются для определения опорных реакций?
7. Какие внутренние усилия возникают в поперечных сечениях балки и как они определяются?
8. Приведите правило знаков для каждого из внутренних усилий.
9. В чем различие между чистым и поперечным изгибом.

10. Как изменяются нормальные и касательные напряжения по высоте сечения балки?

11. Что называется нейтральным слоем и где он находится? Откуда следует, что при изгибе нейтральная линия проходит через центр тяжести сечения?

12. В каких плоскостях возникают касательные напряжения при изгибе, определяемые по формуле Журавского?

13. Для чего необходимо построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил? Какие существуют способы построения эпюр?

14. Напишите формулу для определения нормальных напряжений в произвольной точке поперечного сечения балки. Какой момент инерции входит в указанную формулу?

15. Запишите и сформулируйте условие прочности при изгибе по нормальным напряжениям.

16. Что называется осевым моментом сопротивления?

17. Напишите формулы для определения осевых моментов сопротивления круга, кольца, прямоугольника.

18. Сформулируйте и запишите условие прочности по касательным напряжениям. В каком случае необходимо осуществлять проверку прочности балки по касательным напряжениям?

19. Как находятся главные напряжения при изгибе?

20. Какие напряжения появятся в балке, если плоскость действия нагрузки не пройдет через центр изгиба?

21. Как записывается дифференциальное уравнение изогнутой оси балки?

22. Как определяется прогиб балки графоаналитическим способом?

23. Напишите уравнения метода начальных параметров для определения перемещений при изгибе.

24. Каким способом определяются постоянные интегрирования?

25. Как определяют наибольшую величину прогиба?
26. В чем состоит сущность расчета на жесткость при изгибе?
27. Как рассчитываются статически неопределимые балки и рамы?
28. В чем заключается сущность метода начальных параметров?

Тема 8. Продольный изгиб и устойчивость

Во многих случаях проектирования инженерных сооружений обычных расчетов на прочность бывает недостаточно для того, чтобы получить полное представление о работе сооружений. Наряду с проблемой прочности существует проблема устойчивости сооружения или отдельных его элементов. Так, разрушение сжатого стержня может произойти не только от нарушения прочности, но и от изменения первоначальной формы стержня. Опасность явления потери устойчивости заключается в том, что оно может наступить при напряжении, значительно ниже предела прочности материала. Это напряжение называется критическим. В качестве примеров потери устойчивости можно рассмотреть центрально сжатый стержень, круглое кольцо или трубу, подверженные внешнему давлению.

Задачу о нахождении критической силы или критического напряжения для стержней большой гибкости впервые решил Эйлер. Исследования профессора Ф.С. Ясинского дали возможность установить величину критического напряжения и для стержней малой и средней гибкости, для которых формула Эйлера неприменима.

Следует иметь в виду, что практический расчет на устойчивость производится почти как на прочность при сжатии, однако допускаемое напряжение при расчете на устойчивость должно быть понижено по сравнению с допускаемым напряжением при сжатии. Это понижение основного допускаемого напряжения определяется коэффициентом продольного изгиба (φ), величина которого меньше единицы и зависит от материала и гибко-

сти стержня. Величины коэффициентов φ для стержней различной гибкости и различных материалов приводятся в специальных таблицах. При подборе сечения сжатого стержня приходится несколько раз производить вычисления, применяя метод последовательных приближений.

Вопросы для самопроверки

1. В каких трех состояниях равновесия может находиться сжатый стержень?
2. В чем заключается явление потери устойчивости сжатого стержня?
3. Какая сила называется критической?
4. По какой формуле определяется критическая сила?
5. Как изменится величина критической силы для стойки круглого сечения при уменьшении диаметра в два раза?
6. Как изменится величина критической силы при увеличении длины стойки в два раза?
7. Что такое критическое напряжение?
8. По какой формуле определяется критическое напряжение?
9. Какая величина называется гибкостью стержня?
10. Чему равен коэффициент приведения длины для различных случаев закрепления концов стержня?
11. Запишите формулу Эйлера. Назовите границы ее применимости.
12. Какой момент инерции входит в формулу Эйлера?
13. Как влияют жесткость поперечного сечения и длина стержня на значение критической силы?
14. Как находится критическое напряжение для стержней малой и средней гибкости?
15. Какой вид имеет график критических напряжений в функции от гибкости стержня?
16. Как записывается условие устойчивости сжатого стержня?

17. Как производится проверка стержней на устойчивость при помощи коэффициента φ ?

18. Изложите последовательность подбора сечение стержня при расчете на устойчивость?

Тема 9. Сложное сопротивление

На практике довольно часто встречаются случаи, когда в результате воздействия нагрузки в поперечных сечениях бруса одновременно возникают несколько внутренних силовых факторов. В этих случаях говорят, что брус находится в условиях сложного сопротивления. В частности, к сложному сопротивлению относится случай одновременного изгиба в двух плоскостях (косой изгиб), растяжения или сжатия с изгибом, внецентренного растяжения (сжатия), одновременного кручения и изгиба с растяжением (или сжатием) или без него и др.

Задачи на сложное сопротивление решаются исходя из принципа независимости действия сил: окончательный результат решения задачи при совместном действии различных силовых факторов получают путем наложения (суммирования) результатов, вызванных каждым внешним силовым фактором в отдельности.

Изучение сложного сопротивления обычно начинают с косоугольного изгиба. Следует обратить внимание на то, что нейтральная линия при косоугольном изгибе не перпендикулярна плоскости действия внешних сил, а плоскость, в которой расположена изогнутая ось балки при косоугольном изгибе не совпадает с плоскостью действия внешних сил.

Явление косоугольного изгиба особенно опасно для сечений со значительно отличающимися друг от друга главными моментами инерции (например, для двутавра); балки с таким сечением хорошо работают на изгиб в плоскости наибольшей жесткости, но даже при небольших углах наклона плоско-

сти внешних сил к плоскости наибольшей жесткости в балках возникают значительные дополнительные напряжения и деформации.

Заметим, что для балки круглого сечения кривой изгиб невозможен, так как все центральные оси такого сечения являются главными и нейтральный слой всегда будет перпендикулярен плоскости внешних сил. Кривой изгиб невозможен также и для бруса квадратного поперечного сечения, но для такого сечения решение вопроса о прочности зависит от положения плоскости внешних сил, так как моменты сопротивления квадратного сечения неодинаковы относительно различных центральных осей (хотя моменты инерции относительно всех центральных осей равны между собой, как и для круглого сечения). При расположении внешних сил в диагональной плоскости расчетные напряжения в балке квадратного сечения будут больше, чем в случае, когда плоскость внешних сил параллельна граням балки.

При определении напряжений в случае внецентренного растяжения или сжатия необходимо знать положение главных центральных осей сечения; именно в этих осях отсчитывают координаты точки приложения силы и точки, в которых определяют напряжения. Необходимо обратить внимание на то, что приложенная эксцентрично сжимающая сила может вызвать в поперечном сечении стержня растягивающие напряжения. В связи с этим внецентренное сжатие является особенно опасным для стержней из хрупких материалов, которые слабо сопротивляются растягивающим усилиям.

Надо научиться для прямоугольного сечения устанавливать примерное положение нейтральной линии при различных положениях продольной силы. При этом важно помнить, что если точка приложения силы находится внутри ядра сечения, то нейтральная линия проходит вне поперечного сечения; если точка приложения силы находится вне ядра сечения, то нейтральная линия пересекает поперечное сечение.

В случае изгиба с кручением возникают нормальные напряжения σ_n и касательные напряжения τ_k , поэтому проверка прочности производится

по главным напряжениям. В заключение раздела следует изучить общий случай сложного сопротивления, когда стержень испытывает одновременно растяжение (сжатие), изгиб в двух плоскостях и кручение. Напряжение в каком-либо поперечном сечении стержня зависит от величин M_x , M_y , M_z , N , Q_y , Q_z , которые вычисляются по следующим правилам:

1) крутящий момент M_x равен алгебраической сумме моментов всех сил, расположенные по одну сторону от рассматриваемого сечения, относительно оси, перпендикулярной плоскости сечения и проходящей через его центр тяжести;

2) изгибающий момент M_y равен алгебраической сумме моментов всех сил, расположенные по одну сторону от рассматриваемого сечения, относительно главной центральной оси Y данного сечения;

3) изгибающий момент M_z равен алгебраической сумме моментов тех же сил, относительно главной центральной оси Z данного сечения;

4) продольная сила N равна алгебраической сумме проекций всех сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения, на нормаль к сечению;

5) поперечная сила Q_y равна сумме проекций тех же сил на главную центральную ось Y данного сечения;

6) поперечная сила Q_z равна сумме проекций тех же сил на главную центральную ось Z данного сечения.

Вопросы для самопроверки

1. Какой изгиб называется косым?
2. Может ли балка круглого поперечного сечения испытывать кривой изгиб?
3. Как определяются напряжения при косом изгибе?
4. Как находится положение нейтральной линии при косом изгибе?
5. Как определяются опасные сечения балки при косом изгибе?

6. Какое сложное сопротивление называется внецентренным растяжением (сжатием)?
7. Запишите формулу для определения нормальных напряжений при внецентренном растяжении (сжатии)?
8. Как определяется положение нейтральной линии при внецентренном растяжении (сжатии)?
9. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений при внецентренном растяжении (сжатии)?
10. Как определяется опасное сечение вала при изгибе с кручением?
11. Как записывается условие прочности вала при изгибе с кручением по третьей и четвертой теориям прочности?
12. В каких точках круглого поперечного сечения возникают наибольшие напряжения при изгибе с кручением?
13. Почему обычно не учитывают касательные напряжения от изгиба при совместном действии изгиба и кручения?
14. Как определяется величина расчетного момента при изгибе с кручением стержня круглого поперечного сечения?
15. По какой теории прочности (третьей или четвертой) получится большая величина расчетного момента при заданных величинах $M_{и}$ и $M_{к}$?

Тема 10. Расчеты на прочность при переменных напряжениях

В процессе эксплуатации в деталях машин довольно часто возникают напряжения, переменные во времени. При изучении этой темы необходимо уяснить понятие предела выносливости и научиться строить диаграммы предельных напряжений для несимметричного цикла. Необходимо знать основные факторы, от которых зависит величина предела выносливости детали. Надо подробно разобрать примеры определения допускаемых напряжений для различных деталей машин, воспринимающих пере-

менные нагрузки. Правильный выбор допускаемого напряжения и формы сечения обеспечивает более экономное использование материала и снижение веса конструкции.

Вопросы для самопроверки

1. Каково происхождение термина “усталость материала”?
2. Как графически изображается изменение напряжений во времени?
3. Что называется циклом напряжений?
4. Что называется параметрами цикла переменных напряжений и какое их число полностью характеризует цикл?
5. Что представляют собой симметричный и асимметричный циклы?

Приведите примеры этих циклов.

6. В чем заключаются особенности усталостного разрушения?
7. Как получить кривую усталости?
8. Что называется пределом выносливости?
9. Какие факторы оказывают влияние на предел выносливости?
10. Как строится приближенная диаграмма предельных циклов?
11. Как по диаграмме предельных напряжений определить предел выносливости при любом цикле нагружения?

Тема 11. Динамическая нагрузка

В данном разделе рассматриваются следующие вопросы: напряжения и деформации, возникающие при равноускоренном движении деталей и напряжения и деформации при ударе; расчеты на прочность при колебаниях.

При движении тел с постоянным ускорением возникают силы инерции, которые вызывают дополнительные (динамические) нагрузки на элемент конструкции. Метод расчета на динамическую нагрузку основан на

известном из теоретической механики принципе Даламбера. С помощью этого принципа любая динамическая задача по форме решения сводится к статической задаче – составлению уравнений равновесия для определения внутренних силовых факторов.

Определение динамических напряжений σ_d , (или τ_d) и деформаций (перемещений) δ_d в движущихся деталях сводится к определению статических напряжений $\sigma_{ст}$, (или $\tau_{ст}$) и деформаций $\delta_{ст}$ и динамического коэффициента k_d ($\sigma_d = \sigma_{ст} k_d$, $\delta_d = \delta_{ст} k_d$).

Иногда силы инерции учесть невозможно, так как неизвестна продолжительность удара, то есть величина того промежутка времени, в течение которого происходит падение скорости до нуля. Поэтому в основу приближенной теории удара положен ряд упрощающих гипотез, а коэффициент динамичности определяют, исходя из закона сохранения энергии. Напряжение при ударе вычисляют из условия равенства кинетическую энергию ударяющего тела и потенциальной энергии деформаций тела, воспринимающего удар. Важным является то обстоятельство, что напряжения при ударе зависят не только от площади поперечного сечения бруса, но и от его длины, а также от модуля упругости материала.

При колебаниях бруса напряжения и деформации периодически меняют свою величину. В случае совпадения периода вынужденных колебаний с периодом собственных колебаний, даже при малой возмущающей силе, возникает явление резонанса, при котором деформации и напряжения быстро возрастают, что часто приводит к разрушению конструкций. Надо запомнить формулу для определения периода собственных колебаний и подробно разобрать примеры расчета.

Вопросы для самопроверки

1. Какие нагрузки называются статическими, а какие динамическими?

2. Как вычисляются напряжения в деталях при равноускоренном поступательном движении?
3. Что называется динамическим коэффициентом?
4. От каких факторов зависят напряжения в ободе вращающегося колеса?
5. Что такое удар? Чему равен динамический коэффициент при ударе?
6. Как осуществляются испытания на ударную вязкость?
7. Что представляет собой внезапное воздействие нагрузки и чему равен динамический коэффициент в данном случае?
8. Назовите причину возникновения собственных и вынужденных колебаний упругих систем.
9. Какой вид имеет формула динамического коэффициента при вынужденных колебаниях (без учета затухания колебаний)?
10. Что такое резонанс и в чем заключается его опасность?
11. Как определяются динамические напряжения при вынужденных колебаниях?

УКАЗАНИЯ О ПОРЯДКЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Каждый студент–заочник выполняет то количество контрольных работ, которое предусмотрено учебным планом. Номера задач, входящих в состав контрольных работ, указаны в таблице 1, а сами задачи – в приложении. Студент обязан взять из таблицы, прилагаемой к условию задачи, данные в соответствии со своим личным номером (шифром), который выдает преподаватель. Таблица составлена следующим образом: в соответствии с шифром в таблице три вертикальных (безразмерных) столбца, которые содержат сотни, десятки и единицы числа, совпадающего с шифром. Четвертая колонка указывает номер расчетной схемы. Есть и другие колонки, в которых находятся данные, необходимые для решения задач.

Шифр – трехзначное число, состоящее из сотен, десятков и единиц, в соответствии с которыми и выбирается задание. Например, необходимо выбрать задание по теме “Растяжение и сжатие”, шифр 283. В шифре 200 — это сотни, 80 — десятки и 3 — единицы. В таблице 1 (см. Приложение) первая колонка — сотни. Находим число 200 и движемся по горизонтали вправо. В следующей колонке, где приведены значения приложенных сил F выбираем значение 15,4 кН. Затем в колонке с десятками находим 80 и также справа от нее выбираем размеры сечения (b или d , см) = 3,6 и коэффициент $\alpha = 0,6$, на который необходимо умножить одну из сил. В графе с единицами по значению 3 определяем длину пролета $a = 20$ см и номер расчетной схемы –8.

Таблица 1

Номера задач, входящих в состав контрольных работ

№ кон- троль- ной работы	Номера задач, входящих в контрольную работу					
	одна кон- трольная работа	две кон- трольных работы	три кон- трольных работы	четыре кон- трольных работы	пять кон- трольных работ	шесть кон- трольных работ
1	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2	1, 2
2		3	3	3	3	3
3			4	4	4	4
4				5	5	5
5					6	6
6						7, 8

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования.

1. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради. На обложке необходимо указать фамилию, имя, отчество, название института и фа-

культета, наименование предмета, тему контрольной работы, шифр и номер зачетной книжки.

2. Работа выполняется обязательно чернилами (не карандашом), четко и аккуратно. Необходимо оставлять справа поле шириной не менее 40 мм для пометок и замечаний рецензента. Решение каждой задачи рекомендуется начинать с новой страницы.

3. Решение задачи должно сопровождаться краткими пояснениями; в случае необходимости пояснения иллюстрируется чертежами, либо эскизами. Рекомендуется задачу решать в общем (формульном) виде, а затем подставлять численные значения величин и вычислить результат. Полученные результаты необходимо округлять в соответствии с существующими правилами вычислений.

4. Контрольное задание выполняется согласно учебному плану и должно быть сдано на проверку до начала экзаменационной сессии.

5. Не зачтенная работа возвращается студенту для полной или частичной переработки. Повторная работа рецензируется только в том случае, если к ней приложена ранее не зачтенная работа.

Контрольная работа, выполненная с нарушением указанных требований, не зачитывается и возвращается студенту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. — М., 1965 – 753 с.

2. Шапиро Д.М., Подорванова А.И., Миронов А.Н. Сборник задач по сопротивлению материалов. — М.: Высшая школа, 1970 – 333 с.

3. Писаренко Г.С. и др. Сопротивление материалов. — Киев.: Высшая школа, 1979 – 694 с.

4. Кочетов В.Т., Павленко А.Д., Кочетов М.Т. Сопротивление материалов. – Ростов–на–Дону, Феникс, 2001.– 368 с.

5. Сборник задач по сопротивлению материалов/под ред. В. К. Качурина, — М.: Наука, 1970 – 432 с.

6. Молотников В.Я. Курс сопротивления материалов. – СПб., М., Краснодар, Лань, 2006.– 384 с.

7. Сопротивление материалов. Справочник по расчетно-проектировочным работам./ П.Г. Королев, — Киев: Высшая школа, 1974 – 288с.

8. Абрамов С.К. Основы сопротивления материалов: Учебное пособие для вузов/ РГАСХМ, Ростов н/Д., 2000.– 215с.

ЗАДАЧА №1

Задание

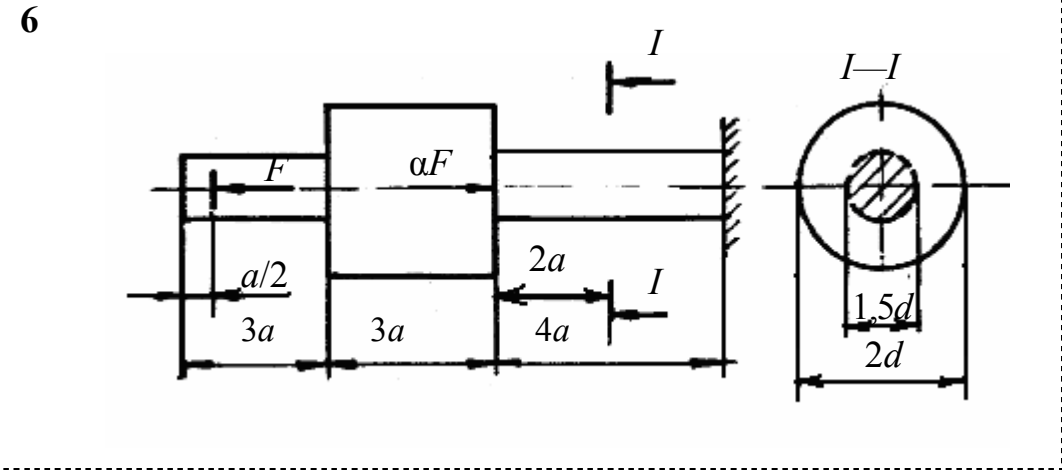
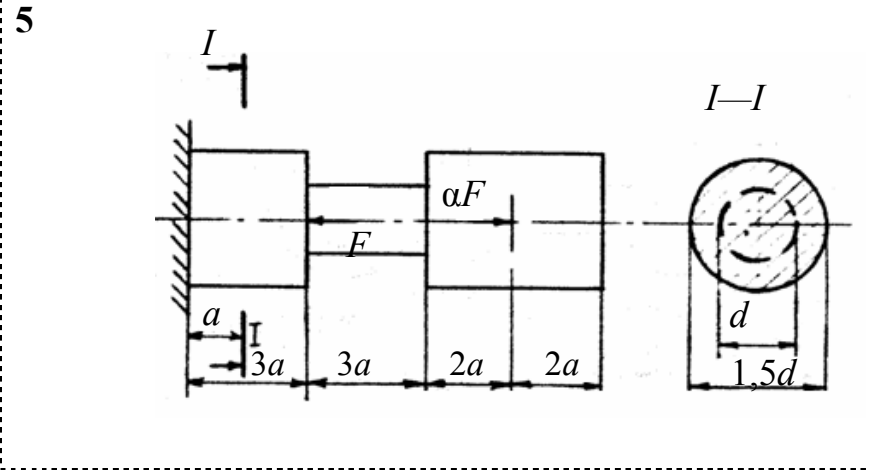
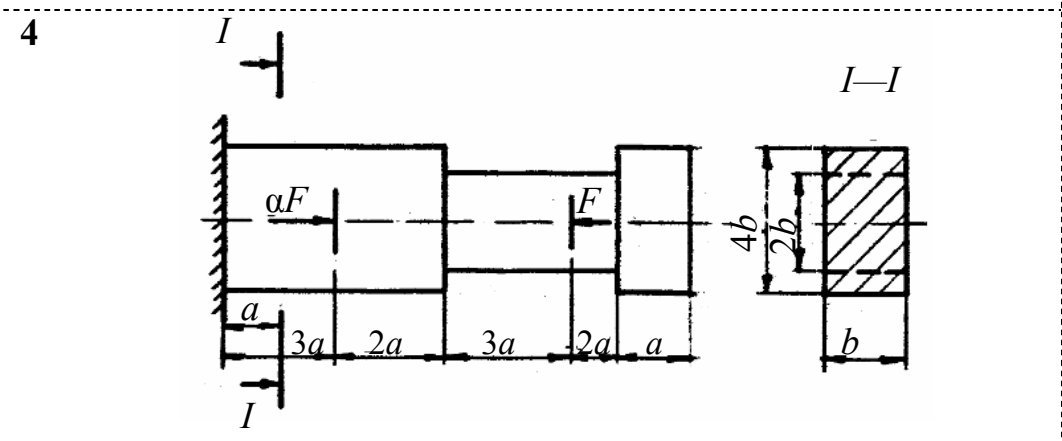
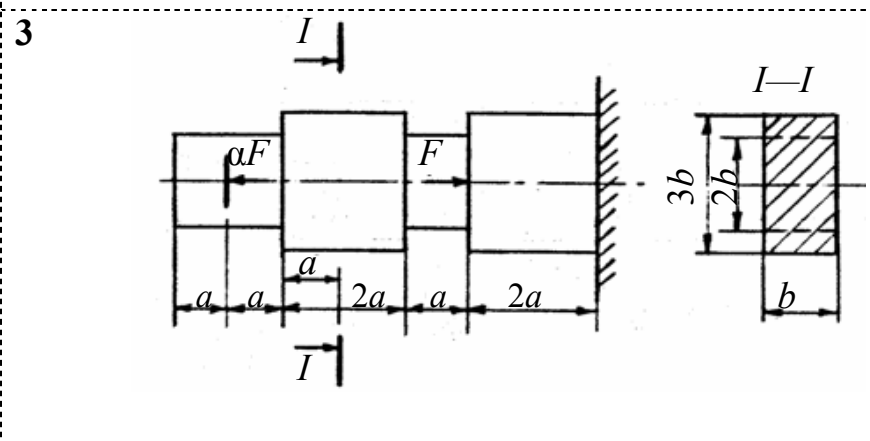
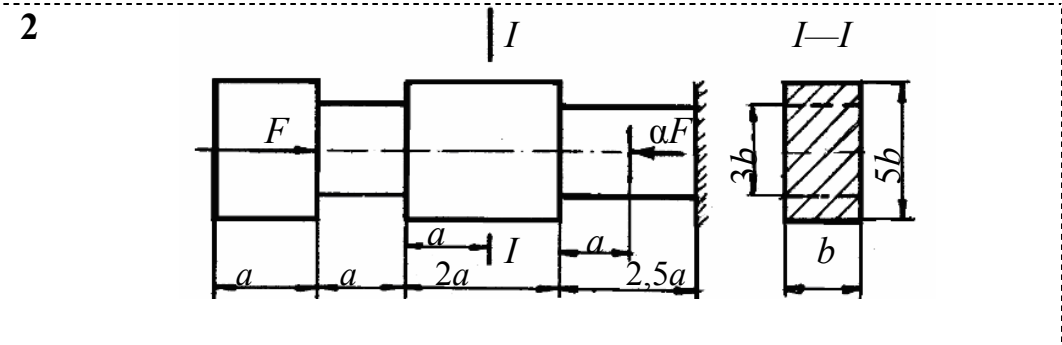
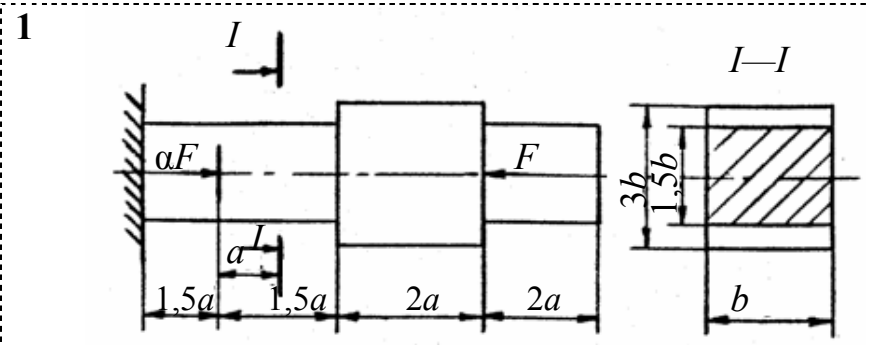
Для стержня, показанного на схеме, требуется:

- 1) построить эпюру продольных сил;
- 2) построить эпюру нормальных напряжений;
- 3) построить эпюру перемещений поперечных сечений стержня;
- 4) определить в указанном сечении $I - I$ величины: продольной силы, нормального напряжения, абсолютного и относительного удлинения (укорочения).

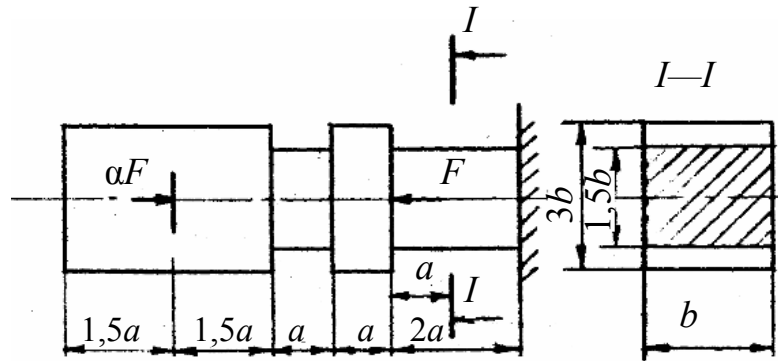
Для расчета принять $E = 2 \cdot 10^5$ МПа (Н/мм²). Данные взять из табл. 1.

Таблица 1

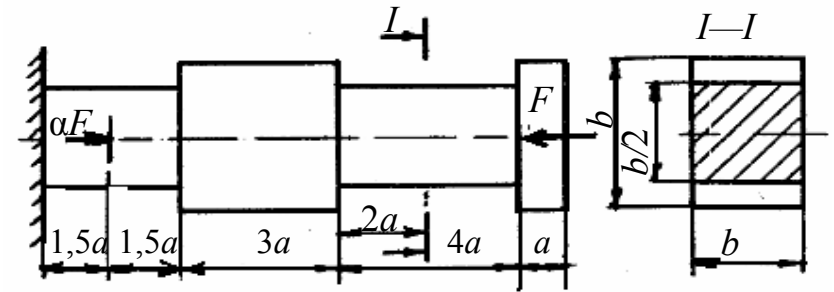
№	F(кН)	№	b, d (см)	α	№	a (см)	№ схемы
100	10,5	10	2,2	1,0	1	10	0
200	15,4	20	2,4	1,5	2	15	9
300	20,5	30	2,6	2,0	3	20	8
400	25,2	40	2,8	1,2	4	25	7
500	30,5	50	3,0	1,4	5	30	6
600	35,3	60	3,2	1,6	6	35	5
700	40,4	70	3,4	1,8	7	40	4
800	45,5	80	3,6	0,6	8	45	3
900	50,7	90	3,8	0,8	9	50	2
000	55,5	00	2,0	0,5	0	55	1



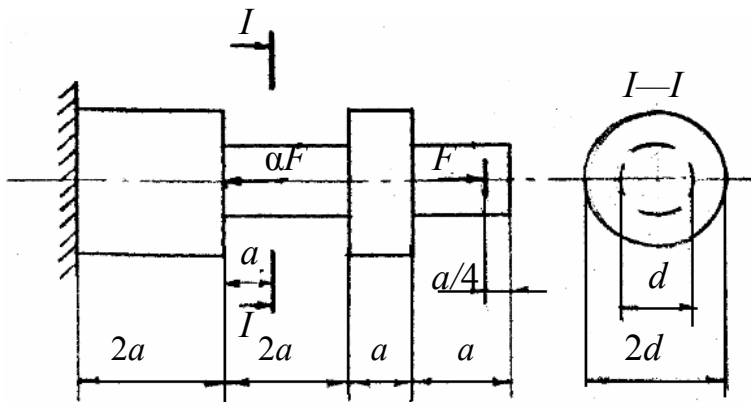
7



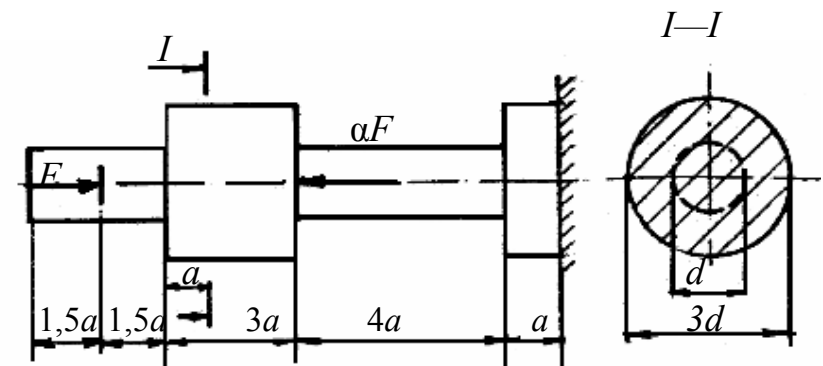
8



9



0



ЗАДАЧА №2

Абсолютно жесткий брус опирается на шарнирно неподвижную опору и прикреплен к двум стержням при помощи шарниров.

Требуется:

- 1) найти усилия и напряжения в стержнях, выразив их через силу Q ;
- 2) найти допускаемую нагрузку $Q_{\text{доп}}$, приравняв большее из напряжений в двух стержнях допускаемому напряжению $[\sigma] = 160$ МПа;
- 3) найти предельную грузоподъемность Q_T^k и допускаемую нагрузку $Q_{\text{доп}}$, если предел текучести $\sigma_T = 240$ МПа, а запас прочности $k = 1,5$;
- 4) сравнить величины $Q_{\text{доп}}$, полученные при расчете по допускаемым напряжениям и допускаемым нагрузкам.

Указания. Для определения двух неизвестных усилий в стержнях следует составить одно уравнение статики и одно уравнение совместности деформаций. Для ответа на третий вопрос задачи следует иметь в виду, что в одном из стержней напряжение больше, чем в другом; условно назовем этот стержень первым. При увеличении нагрузки напряжение в первом стержне достигнет предела текучести ранее, чем во втором. Когда это произойдет, напряжение в первом стержне не будет некоторое время расти даже при увеличении нагрузки, система станет как бы статически определимой, нагруженной силой Q (пока еще неизвестной) и усилием в первом стержне:

$$N_1 = \sigma_T A_1.$$

При дальнейшем увеличении нагрузки напряжение и во втором стержне достигнет предела текучести:

$$N_2 = \sigma_T A_2.$$

Написав уравнение статики и подставив в него значения усилий N_1 и N_2 , находится предельная грузоподъемность Q_T^k .

Данные взять из табл. 2.

Таблица 2

№	$A(\text{см}^2)$	№	a (м)	b, (м)	c, (м)	№	№ схемы
100	11	10	2,2	2,2	1,1	1	0
200	12	20	2,4	2,4	1,2	2	9
300	13	30	2,6	2,6	1,3	3	8
400	14	40	2,8	2,8	1,4	4	7
500	15	50	3,0	3,0	1,5	5	6
600	16	60	3,2	3,2	1,6	6	5
700	17	70	3,4	3,4	1,7	7	4
800	18	80	3,6	3,6	1,8	8	3
900	19	90	3,8	3,8	1,9	9	2
000	20	00	2,0	2,0	2,0	0	1

ЗАДАЧА №3

Задание

Для заданного поперечного сечения определить:

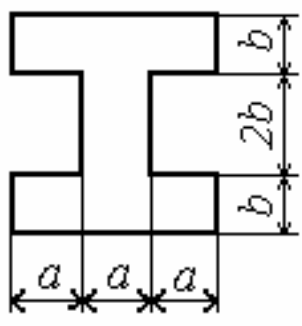
- 1) координаты центра тяжести;
- 2) осевые и центробежный моменты инерции сечения относительно центральных осей;
- 3) направление главных центральных осей инерции;
- 4) величины главных центральных моментов инерции;
- 5) главные центральные радиусы инерции сечения.

Данные взять из табл. 3.

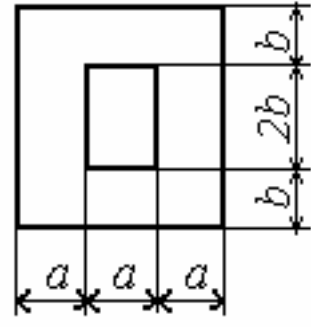
Таблица 3

№	a , см	№	b , см	№	№ схемы
100	6	10	6	1	1
200	2	20	2	2	2
300	3	30	3	3	3
400	4	40	4	4	4
500	5	50	5	5	5
600	6	60	6	6	6
700	2	70	2	7	7
800	3	80	3	8	8
900	4	90	4	9	9
000	5	00	5	0	0

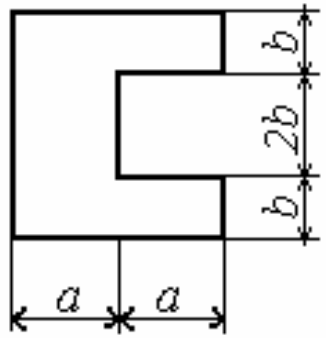
1



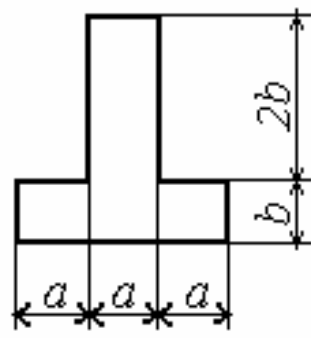
2



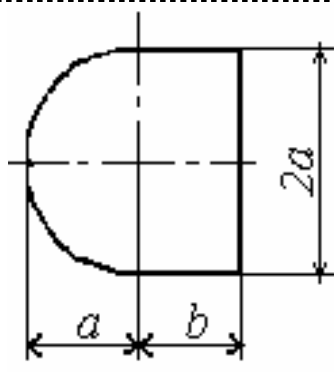
3



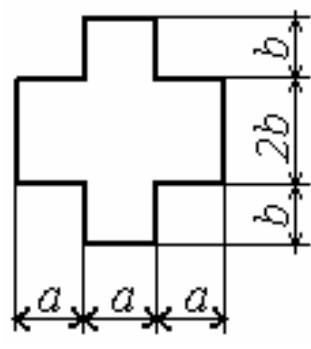
4



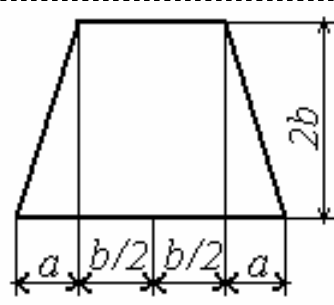
5



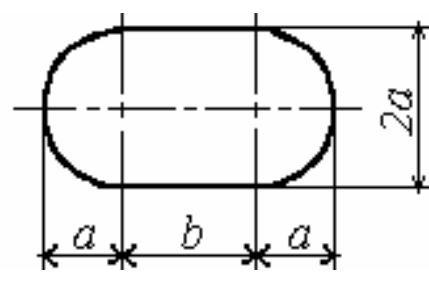
6



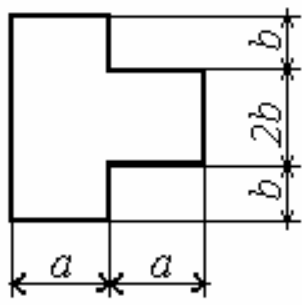
7



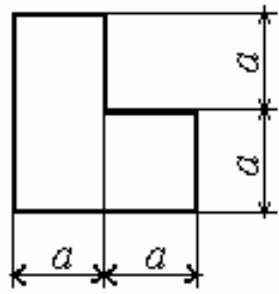
8



9



0



ЗАДАЧА №4

Задание

Для балок и рам, показанных на схемах необходимо:

- 1) построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил;
- 2) определить опасное сечение (по изгибу) и записать условие прочности;
- 3) исходя из условия прочности подобрать геометрические размеры прямоугольного, кольцевого, круглого сечений, и номера прокатной стали (профилей двутавра, швеллера);

4) балки 1, 2, 3 изготовлены из стали, для расчета принять: предел текучести $\sigma_T = 340$ МПа (Н/мм), запас прочности $n = 2,1$.

5) балки 4 и 5 изготовлены из чугуна, для расчета принять: предел прочности на сжатие $\sigma_{вр. сж} = 320$ МПа (Н/мм²), $\sigma_{вр. раст} = 120$ МПа (Н/мм²), запас прочности $n = 5$.

Расчетные данные взять из табл. 4. Номера сечений соответствуют номерам балок.

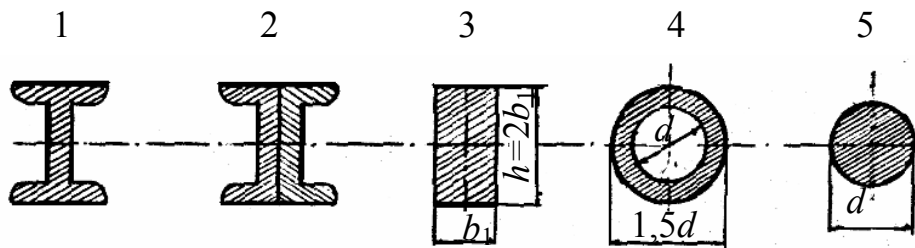
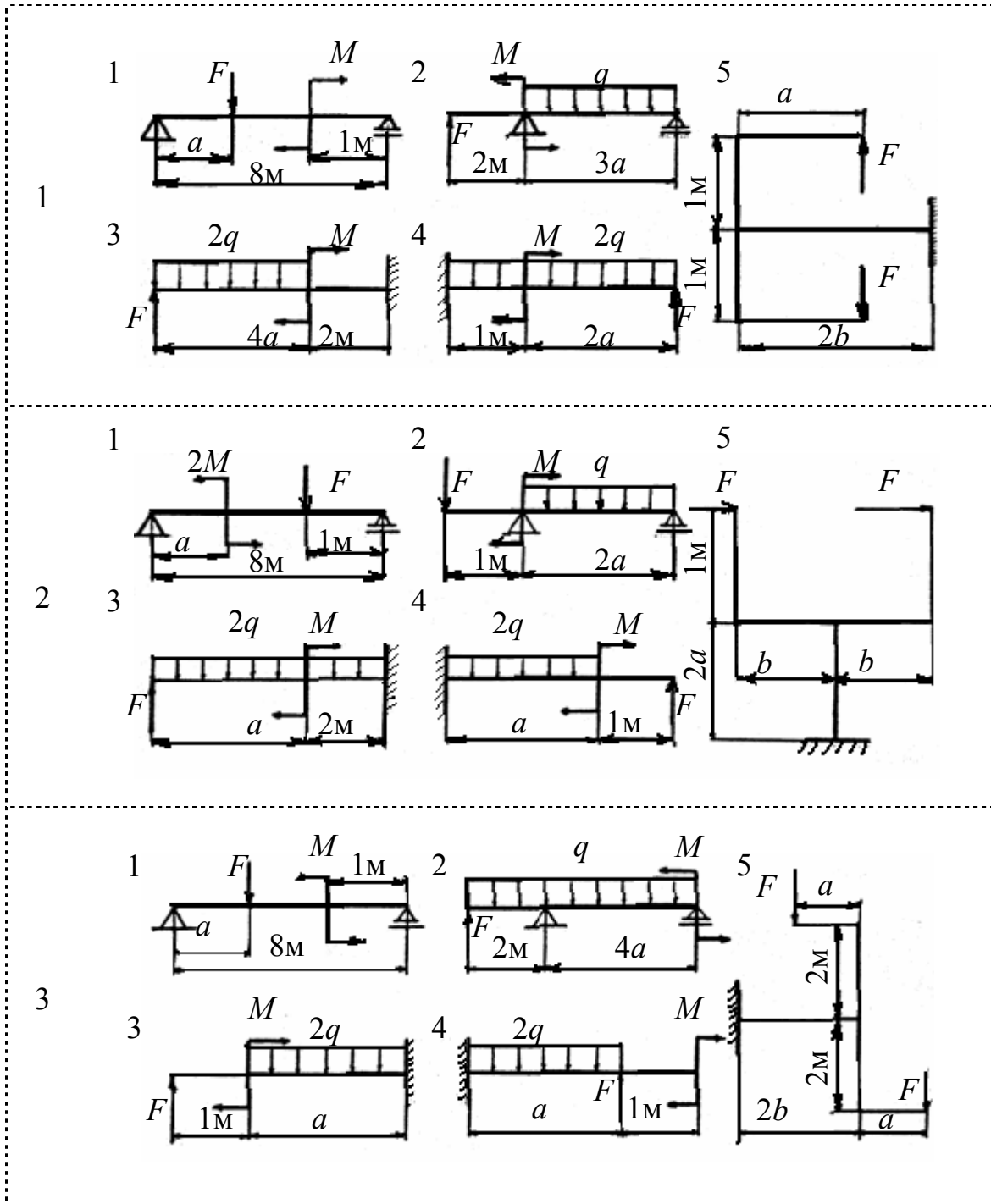
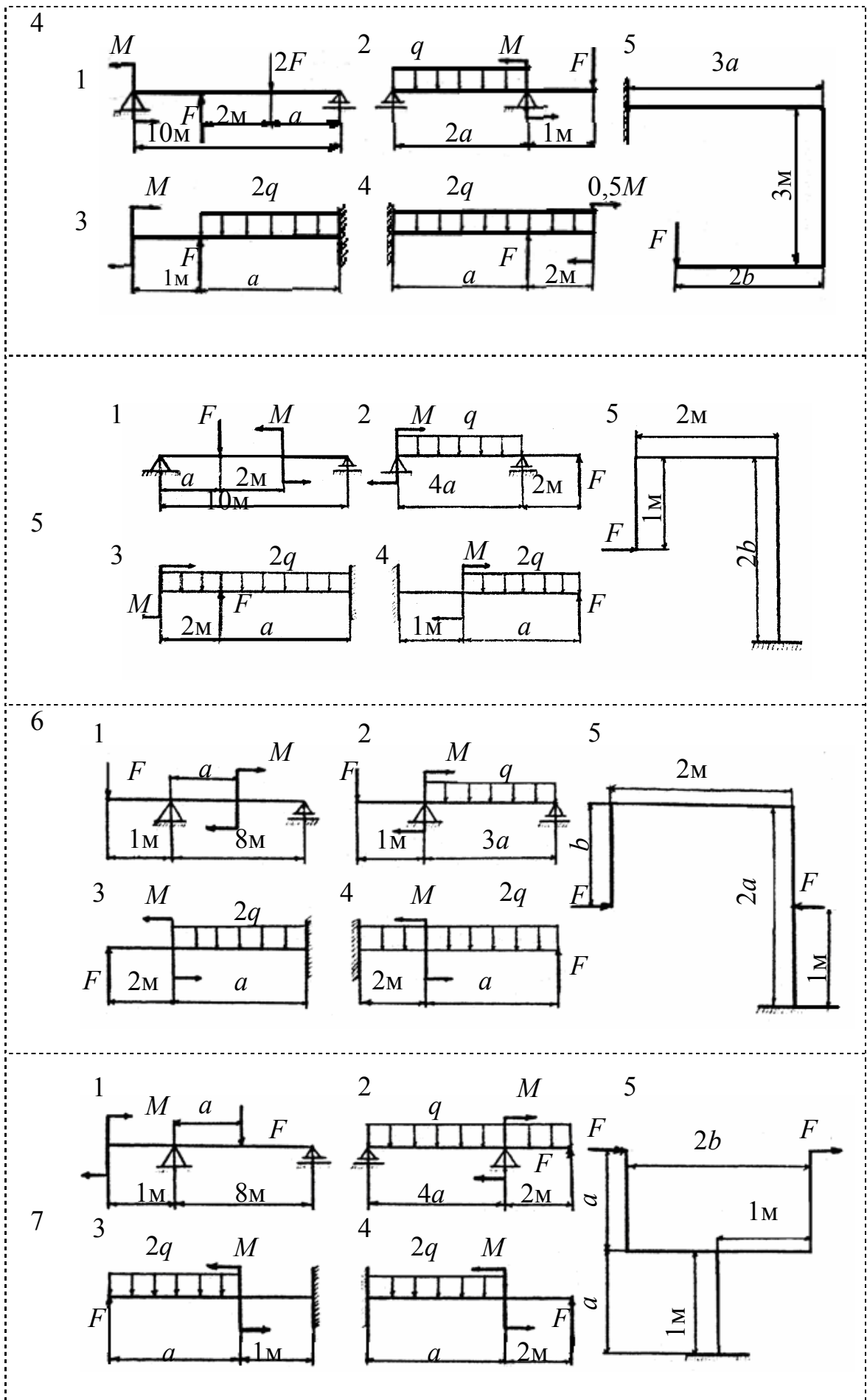


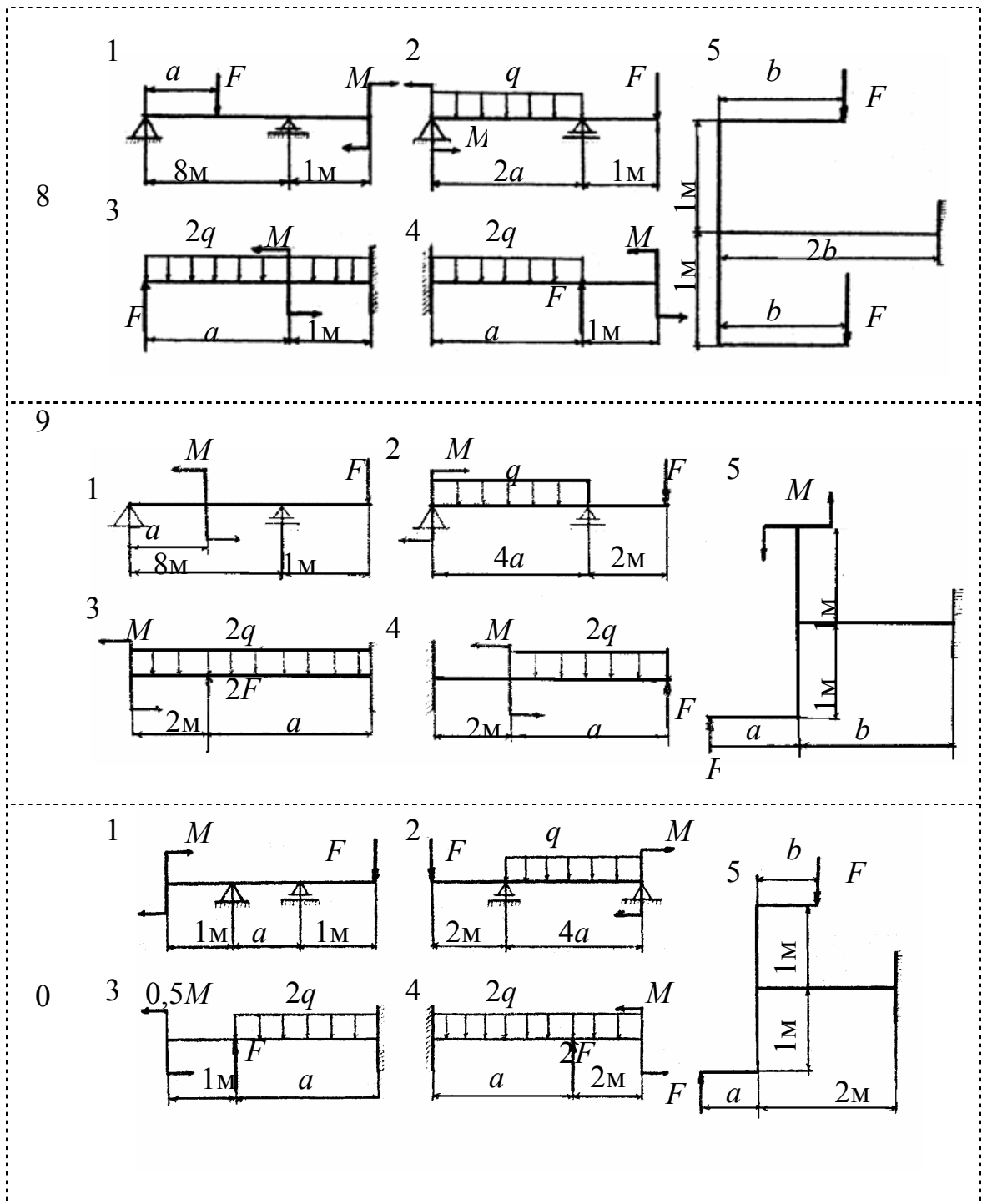
Таблица 4

№	М кНм	a м	b м	№	F кН	q кН/м	№	№ схемы
100	24	2	3	10	30	8	0	1
200	30	3	2	20	20	6	9	2
300	38	4	5	30	22	7	8	3
400	30	2	2	40	28	8	7	4
500	36	3	4	50	30	10	6	5
600	20	2	1,5	60	20	7	5	6
700	32	4	4	70	24	6	4	7

800	36	2	2,5	80	28	10	3	8
900	24	3	3	90	22	6	2	9
000	36	4	3	00	24	7	1	0







ЗАДАЧА №5

«Расчет ломаного бруса на изгиб с кручением»

Задание

На схемах к задаче № 5 изображена в аксонометрии ось ломаного бруса круглого поперечного сечения, расположенная в горизонтальной плоскости и имеющая прямые углы в точках *A* и *B*. На брус действует вертикальная нагрузка.

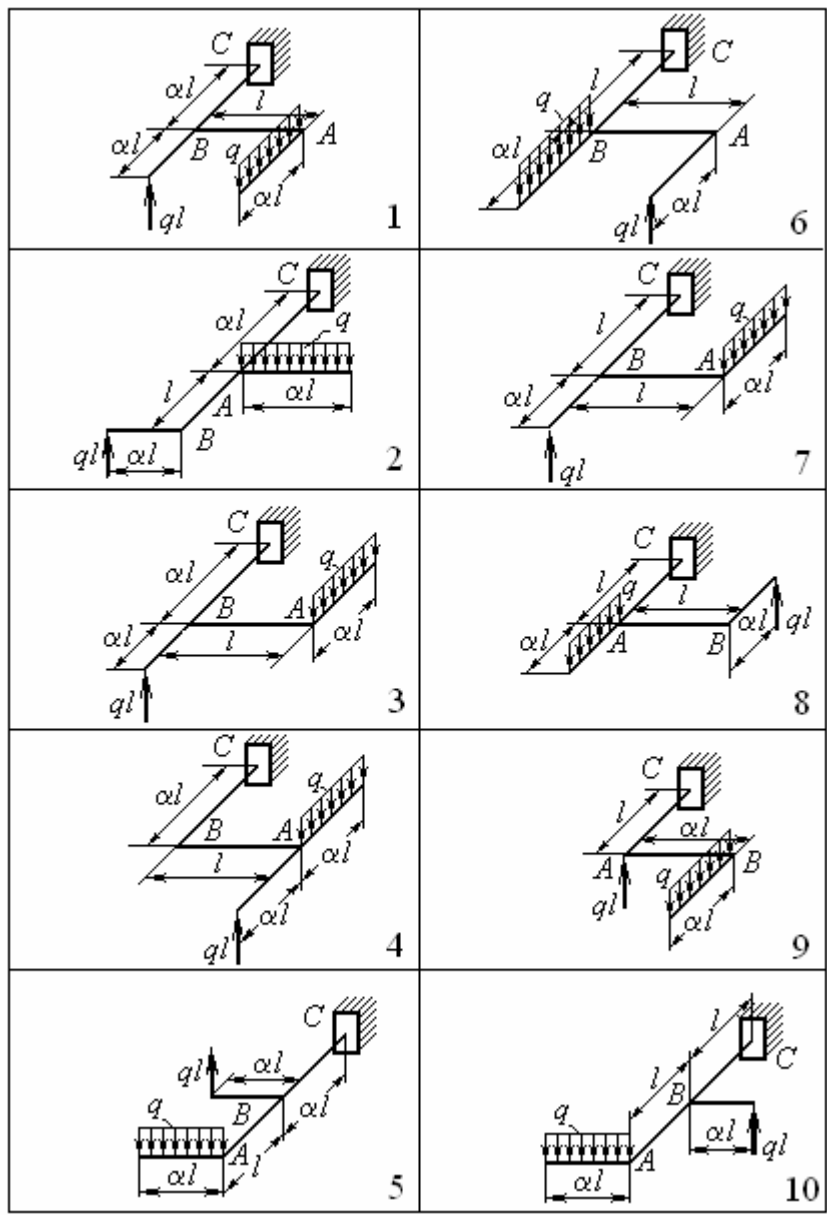
Требуется:

- 1) построить в аксонометрии эпюры изгибающих и крутящих моментов (отдельно);
- 2) установить опасное сечение и найти для него величину расчетного момента сопротивления по четвертой теории прочности.

Данные взять из табл. 5. Допускаемое напряжение принять равным $[\sigma] = 160$ МПа.

Таблица 5

№	q кН/м	l м	№	α	№	№ схемы
100	8	2	10	1,0	0	0
200	6	3	20	1,5	9	9
300	7	4	30	2,0	8	8
400	8	2	40	1,2	7	7
500	10	3	50	1,4	6	6
600	7	2	60	1,6	5	5
700	6	4	70	1,8	4	4
800	10	2	80	0,6	3	3
900	6	3	90	0,8	2	2
000	8	4	36	0,5	1	1



ЗАДАЧА № 6

Задание

Для заданной статически неопределенной балки (или рамы) требуется:

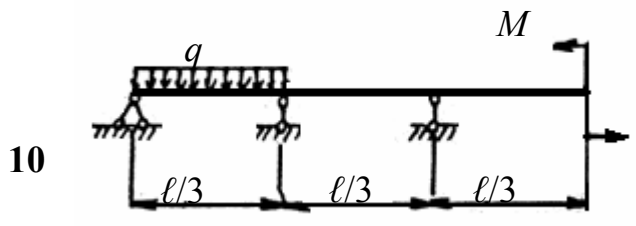
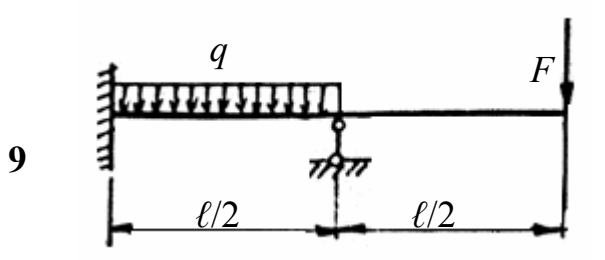
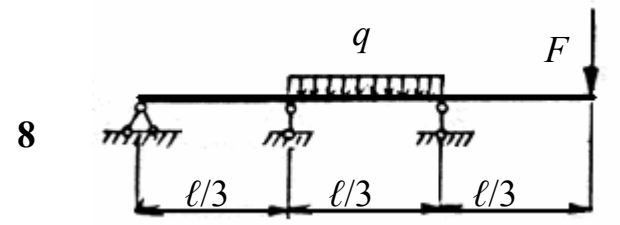
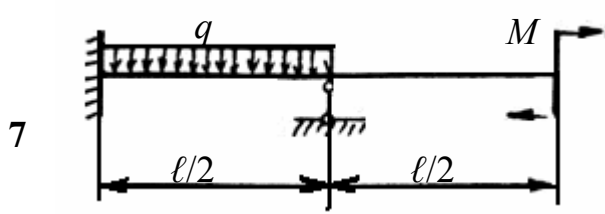
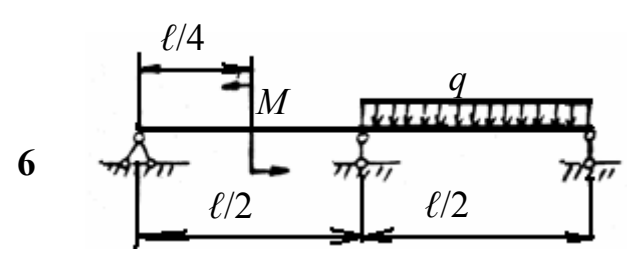
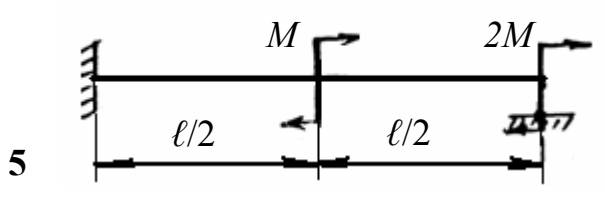
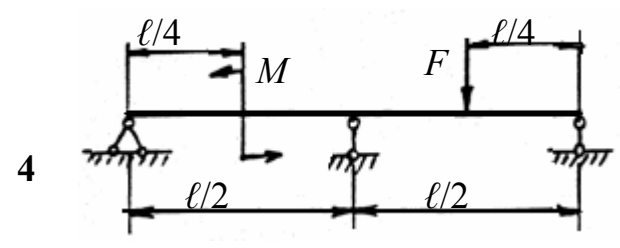
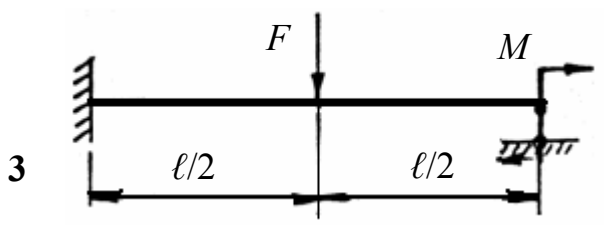
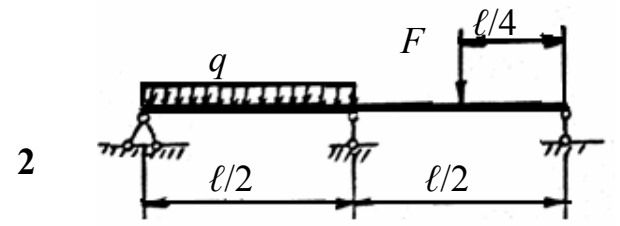
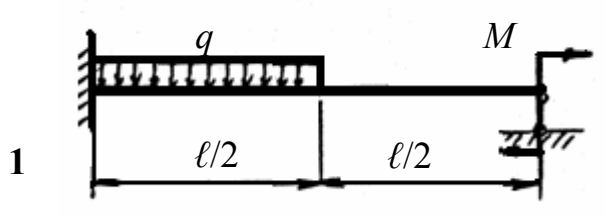
- 1) раскрыть ее статическую неопределенность (методом сил, методом Верещагина или методом начальных параметров);

- 2) построить окончательные эпюры изгибающих моментов (M), поперечных (Q) (а для рамы – и продольных (N)) ;
- 3) подобрать размеры круглого поперечного сечения.

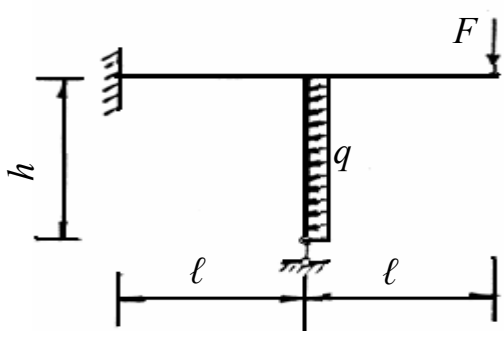
Для расчета принять $EJ = const$; $[\sigma] = 160$ МПа. Другие исходные данные взять из табл. 6.

Таблица 6

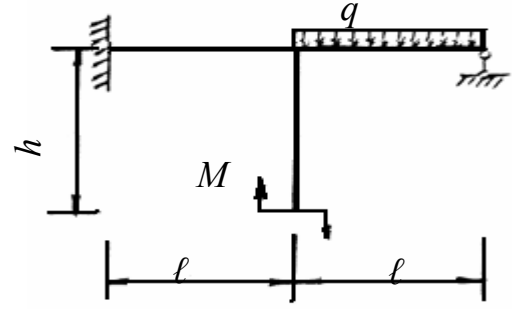
№	l (м)	h (м)	№	F (кН)	M (кНм)	q (кН/м)	№	№ схемы
100	1,6	2,8	10	10	22	5	1	1
200	1,8	2,6	20	12	20	6	2	2
300	2,0	2,4	30	14	18	7	3	3
400	2,2	2,2	40	16	16	8	4	4
500	2,4	2,0	50	18	14	9	5	5
600	2,6	1,8	60	20	12	10	6	6
700	2,8	1,6	70	22	10	11	7	7
800	3,0	1,4	80	24	8	12	8	8
900	3,2	1,2	90	26	6	13	9	9
000	3,4	1,0	00	28	4	14	10	10



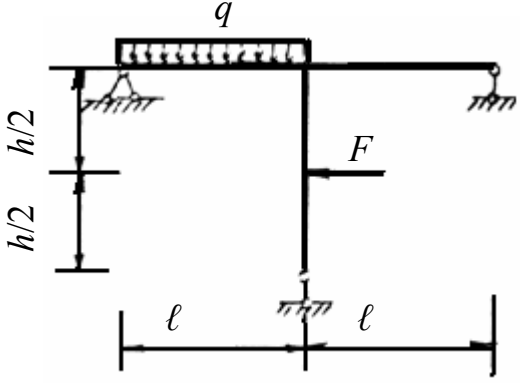
1



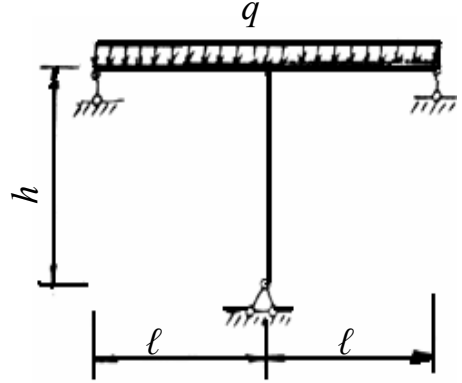
2



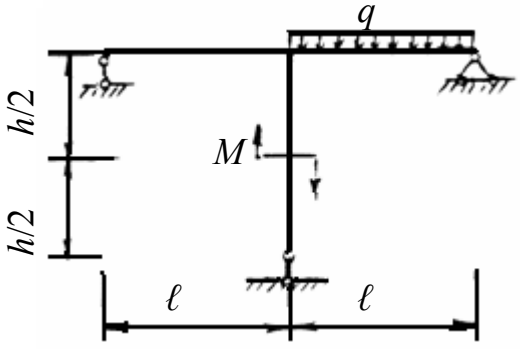
3



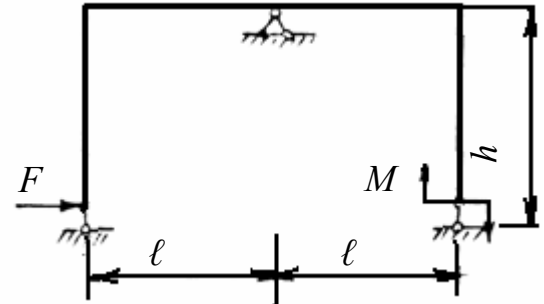
4



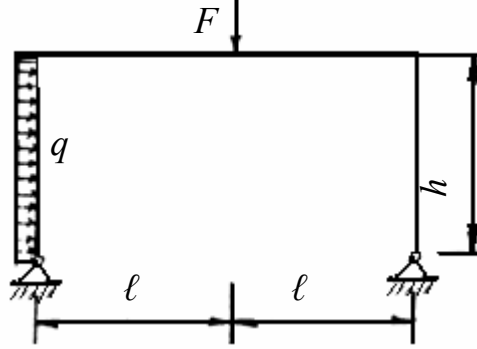
5



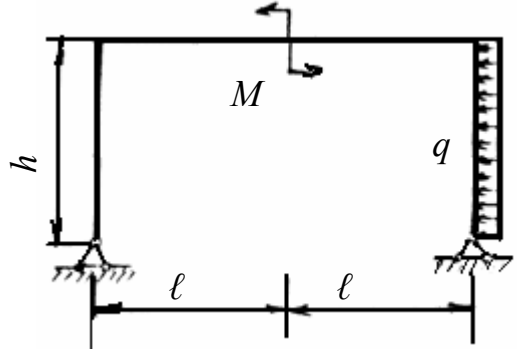
6



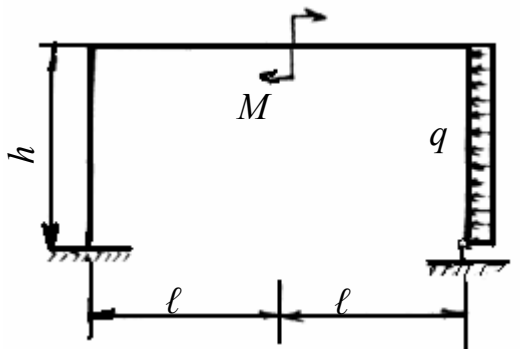
7



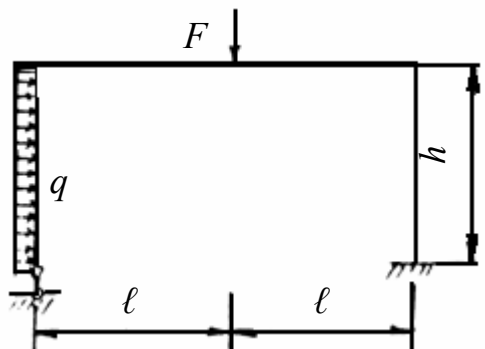
8



9



10



ЗАДАЧА №7

«Расчет продольно сжатых стержней на устойчивость»

Задание

Для стержней, показанных на рисунке необходимо:

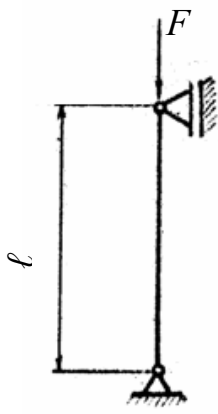
- 1) используя метод последовательных приближений по коэффициенту продольного изгиба φ подобрать номер профиля сечения;
- 2) определить гибкость стержня;
- 3) определить критическую силу;
- 4) определить коэффициент запаса устойчивости;
- 5) определить массу стержня;
- 6) для сечений с пометкой $J_{\min} = J_{\max}$ определить размер b_1 .

Для расчета принять $F = \alpha F_1$; $\ell = \beta \ell_1$; другие данные взять из табл. 7. Положить также $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma_{\text{пц}} = 200$ МПа; $\sigma_T = 265$ МПа; $[\sigma] = 160$ МПа и воспользоваться ГОСТ 8509-72 и ГОСТ 8240-72 на сортамент прокатной стали.

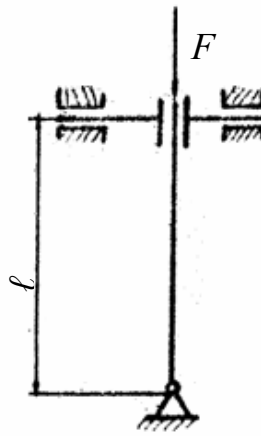
ТАБЛИЦА 7

№	F_1 (кН)	№	ℓ_1 (м)	№	№ схемы стойки	№ схемы сечения	α	β
100	1000	10	2	0	10	2	0,8	1,1
200	500	20	3	9	20	3	0,9	0,8
300	120	30	3,5	8	30	4	1,1	1,2
400	350	40	4	7	40	5	0,7	0,9
500	400	50	4,2	6	50	6	0,6	0,7
600	80	60	3,6	5	60	7	1,2	1,2
700	100	70	1,5	4	70	9	1,4	1,6
800	120	80	2,3	3	80	10	1,5	1,4
900	50	90	3,4	2	90	11	2,2	0,95
000	60	00	3,8	1	00	12	1,8	0,8

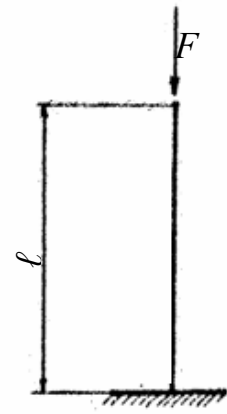
10



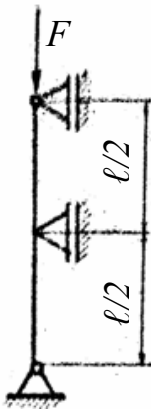
20



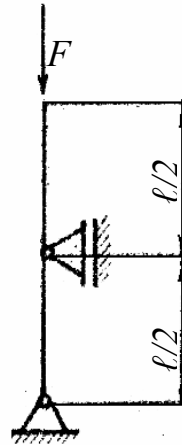
30



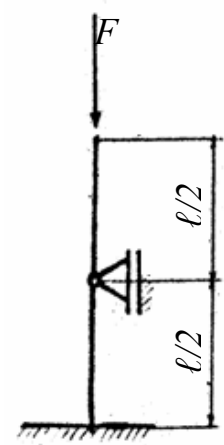
40



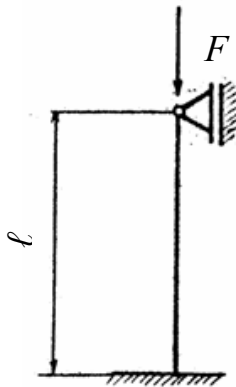
50



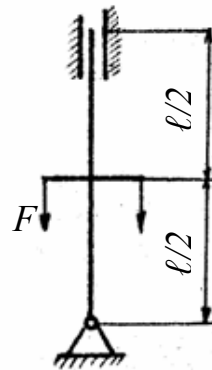
60



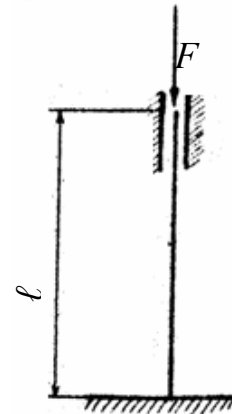
70



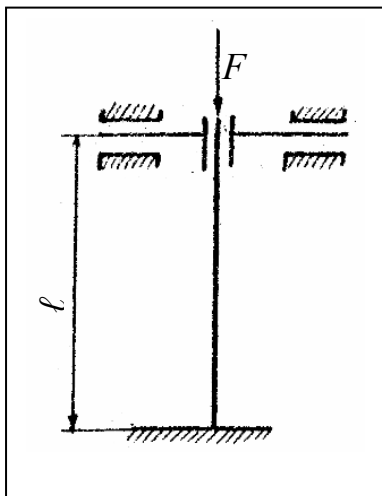
80



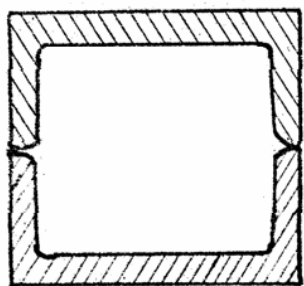
90



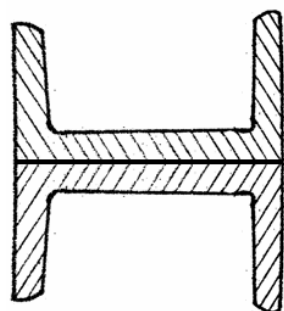
00



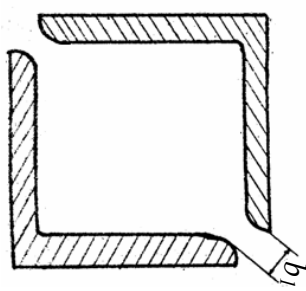
Сечение 11



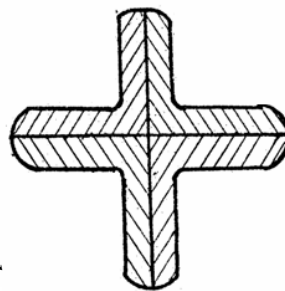
Сечение 9



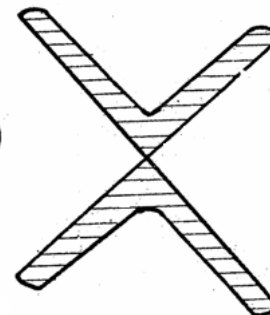
Сечение 7



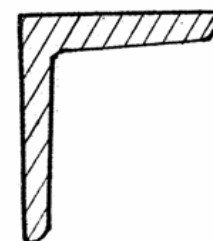
Сечение 5



Сечение 3

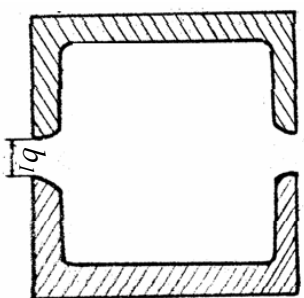


Сечение 1

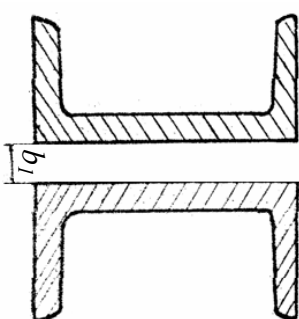


$J_{\min} = J_{\max}$

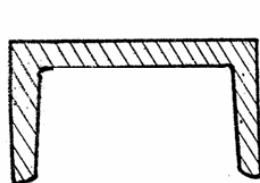
Сечение 12



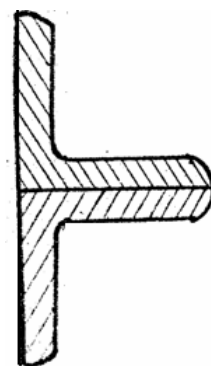
Сечение 10



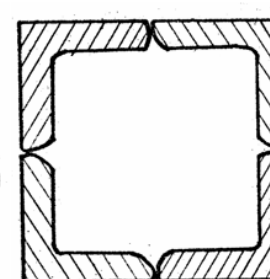
Сечение 8



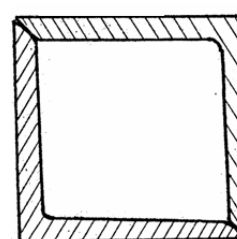
Сечение 6



Сечение 4



Сечение 2



$J_{\min} = J_{\max}$

$J_{\min} = J_{\max}$

ЗАДАЧА №8

Задание.

На двутавровую балку, свободно лежащую на двух жестких опорах с высоты h падает груз P . Требуется:

1. найти наибольшее нормальное напряжение в балке;
2. решить аналогичную задачу при условии, что правая опора заменена пружиной, податливость которой (т. е. осадка от груза весом 1Н) равна α ;
3. сравнить полученные результаты.

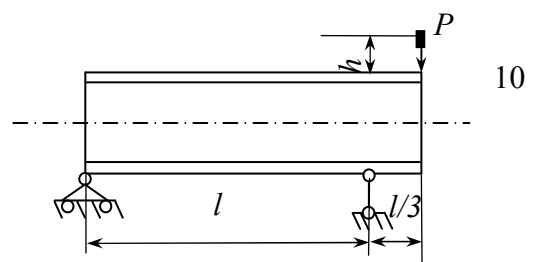
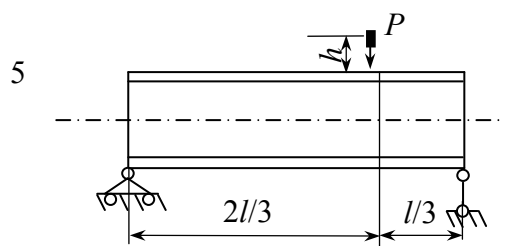
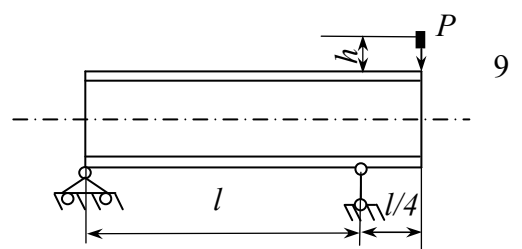
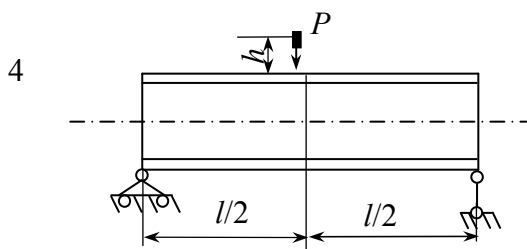
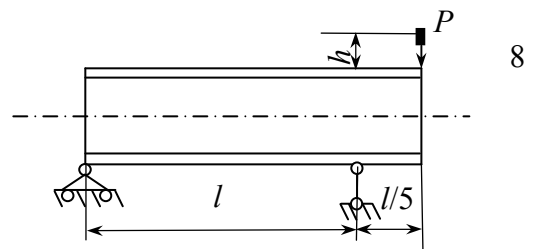
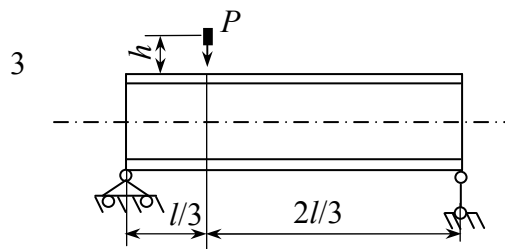
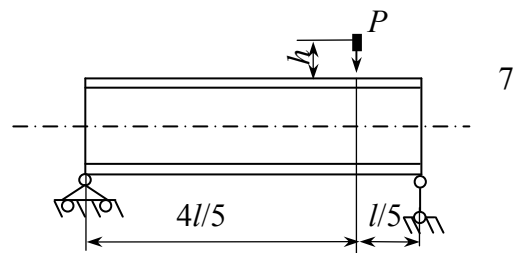
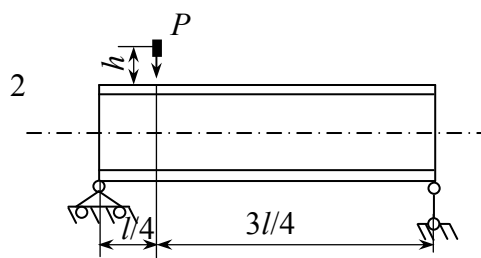
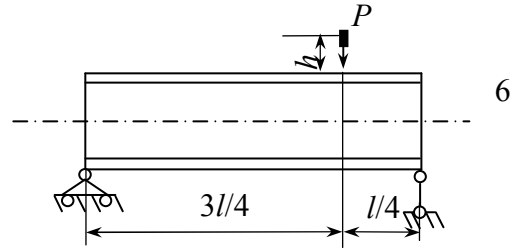
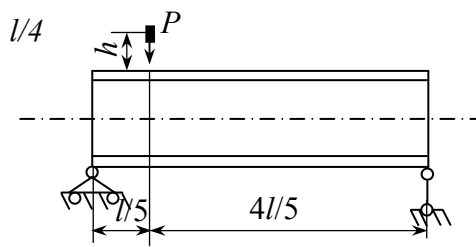
Исходные данные взять из табл. 8.

Указания. При наличии упомянутой в п. 2 пружины $\delta_{ст} = \delta + \beta \delta_{пр}$, где δ – прогиб балки, лежащей на жестких опорах, в том сечении, где приложена сила F (при статическом действии этой силы); $\delta_{пр}$ – осадка пружины от реакции, возникающей от силы F ; β – коэффициент, устанавливающий зависимость между осадкой пружины и перемещением точки приложения силы F . Этот коэффициент находится из подобия треугольников на плане перемещений.

Таблица 8

№	l (м)	h (см)	№	P (кН)	$\alpha \cdot 10^4$, мм/кН	№	№ дву- тавра	№ схемы
100	2,1	11	10	11	21	1	20	1
200	2,2	12	20	12	22	2	20а	2
300	2,3	3	30	8	23	3	24	3
400	2,4	4	40	6	24	4	24а	4
500	2,5	5	50	5	25	5	27	5
600	2,6	6	60	10	26	6	27а	6
700	2,7	7	70	7	27	7	30	7

800	2,8	8	80	13	28	8	30a	8
900	2,9	9	90	9	29	9	33	9
000	3,0	10	00	4	30	10	36	10



Составители:

д.с-х.н., проф. Молотников Валентин Яковлевич., ст. преп. Лесняк Ольга Николаевна

Методические указания и контрольные задания
по дисциплине «Сопротивление материалов»
для студентов-заочников технических специальностей

Редактор

Подписано к печати _____

Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Объем _____ усл. п. л., _____ уч.-изд. л

Заказ № _____ Тираж _____

Редакционно-издательский отдел РГАСХМ ГОУ

344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 1

Отпечатано в копировально-множительном бюро РГАСХМ ГОУ