

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой разработчика
 / Челтыбашев А.А. /
« 01 » 07 20 21 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ
И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

при изучении дисциплины (модуля), практики
Б1.В.03 Сопротивление материалов

Направление подготовки/специальность

08.03.01

код и наименование направления подготовки /специальности

Строительство

Направленность/специализация

Промышленное и гражданское
строительство

наименование направленности (профиля) /специализации образова-
тельной программы

Разработчик(и)



Котов А.А., профессор, к.т.н. (доцент)
ФИО, должность, ученая степень, (звание)

Мурманск
2021

Фонд оценочных средств дисциплины «Сопротивление материалов»

1. Характеристика результатов обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции (части компетенции)	Этапы (индикаторы) освоения компетенций	Уровень освоения компетенции			
		<i>Ниже порогового</i>	<i>Пороговый</i>	<i>Продвинутый</i>	<i>Высокий</i>
ПК-4: Способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения.	ЗНАТЬ: основные характеристики напряженно-деформированного состояния; механические свойства материалов, используемые в расчетах на прочность, жесткость и устойчивость; классические теории прочности; геометрические характеристики плоских фигур; основы расчета статически неопределимых конструкций; распределение напряжений в стержневых элементах конструкций при различных видах их нагружения; основные положения и принципы обеспечения безопасности элементов строительных конструкций; теоретические основы расчетов на устойчивость.	Фрагментарные знания.	Общие, но не структурированные знания.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания.	Сформированные систематические знания.
	УМЕТЬ: строить эпюры усилий в стержневых элементах конструкций; осуществлять кинематический и статический анализ простейших конструкций; проверять прочность в точке по известным напряжениям; вычислять геометрические характеристики плоских фигур; определять напряжения в стержнях по известным усилиям; осуществлять подбор сечений и определение грузоподъемности стержневых элементов конструкций; определять перемещения в простейших стержневых конструкциях; выполнять расчеты на устойчивость сжатых стержней.	Частично освоенное умение.	В целом успешные, но не систематически осуществляемые умения.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения.	Сформированное умение.
	ВЛАДЕТЬ: определением вида нагружения стержня; навыками построения эпюр усилий в стержнях; проверкой прочности в точке при всех видах НДС; навыками расчета элементов простейших строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.	Фрагментарное применение навыков.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков.	Успешное и систематическое применение навыков.

2. Перечень оценочных средств для контроля сформированности компетенций в рамках дисциплины

- 2.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости:
- типовые задания по вариантам для выполнения расчетно-графических работ;
 - задачи для решения в процессе защиты расчетно-графических работ.
- 2.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине в форме:
- зачета: вопросы к зачету;
 - экзамена: экзаменационные билеты.

Перечень компетенций	Этапы формирования компетенций	Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации
ПК-4	Знать.	Расчетно-графические работы	Вопросы к зачету. Экзаменационные билеты.
	Уметь.	Расчетно-графические работы	
	Владеть.	Расчетно-графические работы	

3.¹ Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля знаний, умений, навыков

3.1 Критерии и шкала оценивания лабораторных/практических работ.

Не предусмотрены как средства текущего контроля.

3.2 Критерии и шкала оценивания тестирования.

Не предусмотрено как средство текущего контроля.

3.3 Критерии и шкала оценивания расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа предназначена для формирования и проверки знаний, умений и навыков в рамках оцениваемых компетенций по дисциплине. Пе-

¹ Пункт 3 содержит критерии и шкалы оценивания компетенций с использованием оценочных средств, указанных в пункте 2.

речень контрольных заданий, рекомендации по выполнению представлены в методических указаниях.

В ФОС включены типовые варианты заданий к расчетно-графическим работам.

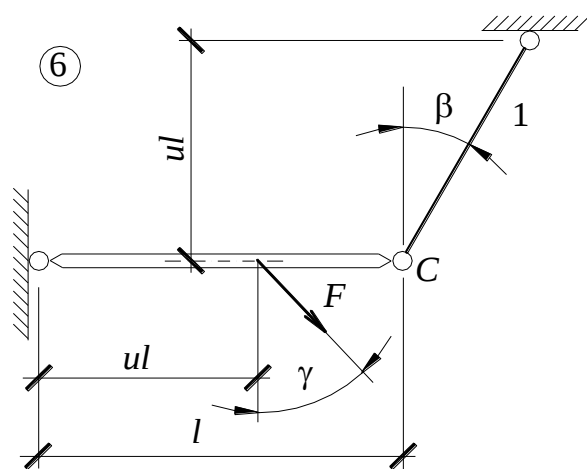
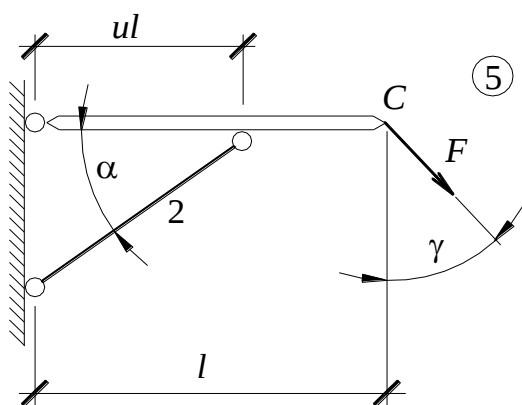
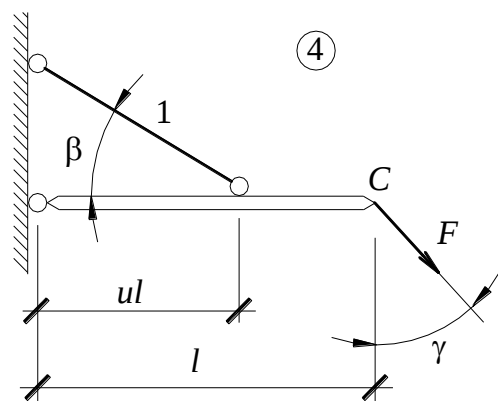
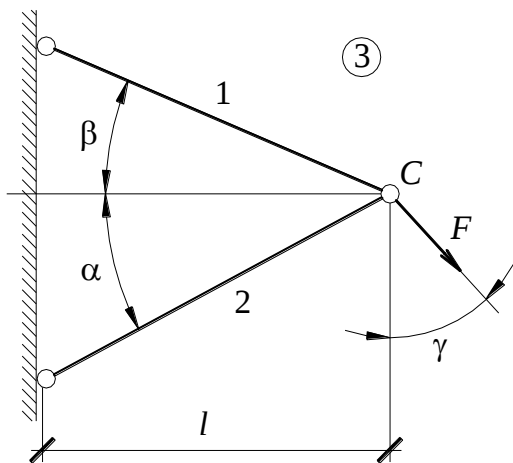
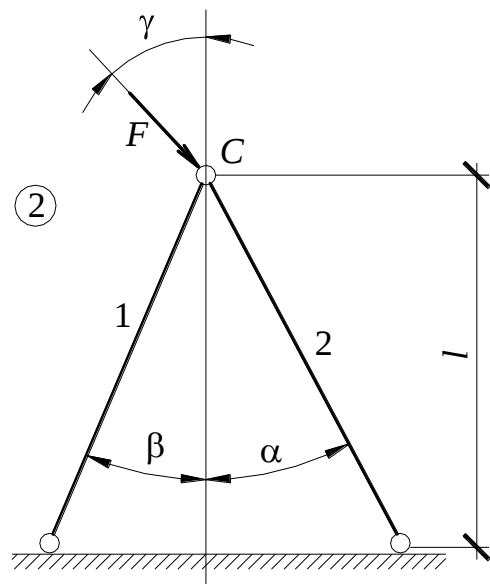
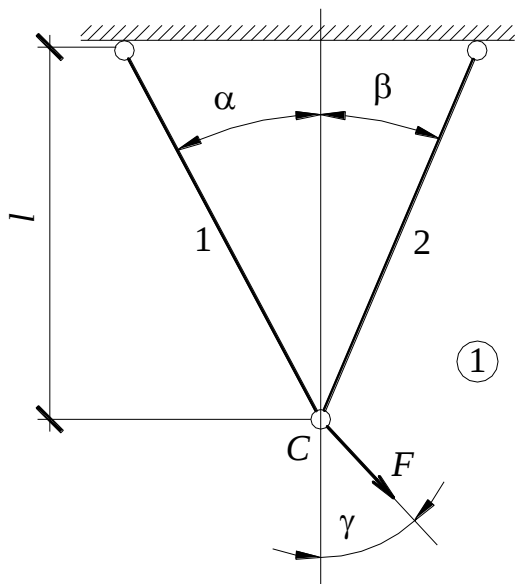
РГР № 1. Задачи №№ 2, 5, 6, 7, 9.

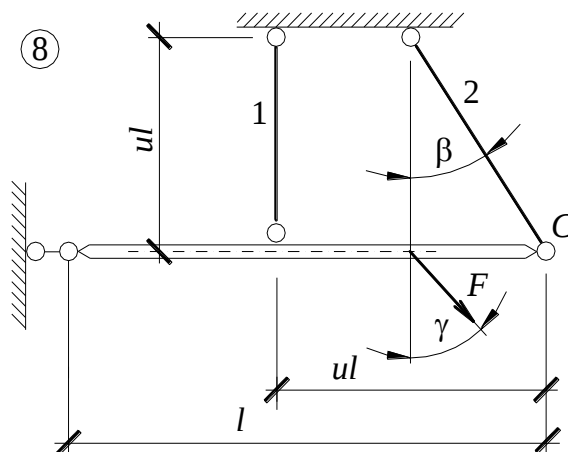
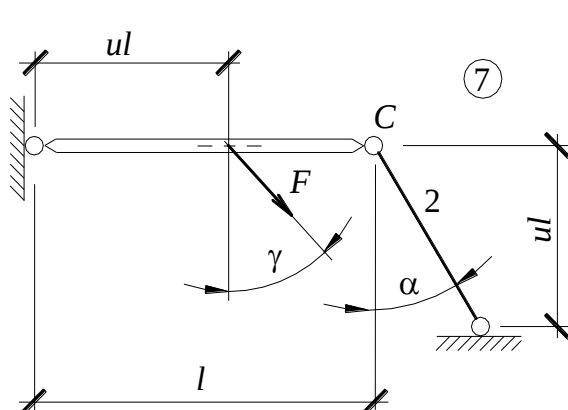
Задача № 2.

Определение грузоподъемности статически определимой шарнирно-стержневой конструкции с растянутыми или сжатыми стержнями

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. Расчетная схема состоит либо из двух деформируемых стержней (пронумерованы), поддерживающих шарнирный узел, либо из одного деформируемого стержня (пронумерован), поддерживающего жесткий диск (без номера). На расчетной схеме должны быть обозначены все геометрические параметры в их числовом выражении.
2. Выделить объект равновесия, показать план сил и составить необходимые уравнения равновесия.
3. Из уравнений равновесия определить внутренние продольные усилия в двух стержнях, поддерживающих шарнирный узел, или в одном стержне, поддерживающем жесткий диск, выразив эти усилия через нагрузку F .
4. Выразить через нагрузку F напряжения в стержнях.
5. Из условия прочности наиболее напряженного стержня найти допустимое значение нагрузки (грузоподъемность конструкции).
6. С помощью закона Гука найти удлинения стержней.
7. Построить план перемещений и найти полное перемещение узла C .

<i>A</i>	№ схемы	<i>l</i> , м	α , град.	<i>B</i>	β , град	A_1 , см ²	<i>u</i>	<i>C</i>	γ , град	A_2 , см ²
0	1	2,0	20	0	40	2Шв№16	0,5	0	15	2Шв№10
1	2	2,5	25	1	35	2L90x8	0,54	1	20	2L56x5
2	3	3,0	30	2	30	2Шв№14	0,57	2	25	2Шв№12
3	4	3,5	35	3	25	2L100x10	0,60	3	30	2L63x5
4	5	4,0	40	4	20	2Шв№12	0,62	4	35	2Шв№14
5	6	4,5	35	5	15	2L110x8	0,65	5	40	2L70x6
6	7	5,0	30	6	20	2Шв№10	0,68	6	35	2Шв№16
7	8	5,5	25	7	25	2L125x12	0,70	7	30	2L75x7
8	1	6,0	20	8	30	2Шв№12	0,72	8	25	2Шв№18
9	3	4,0	15	9	35	2L50x5	0,75	9	20	2L80x7





Задача № 5.

Расчет статически неопределимой шарнирно-дисковой конструкции со стержнями, работающими на растяжение-сжатие

1. Изобразить в масштабе расчетную схему к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. На расчетной схеме должны быть обозначены все силовые и геометрические параметры в их числовом выражении.

2. Подобрать сечения стержней расчетом по упругой стадии деформации (по допускаемым напряжениям):

- выделить объект равновесия, показать план сил и составить необходимые уравнения равновесия;

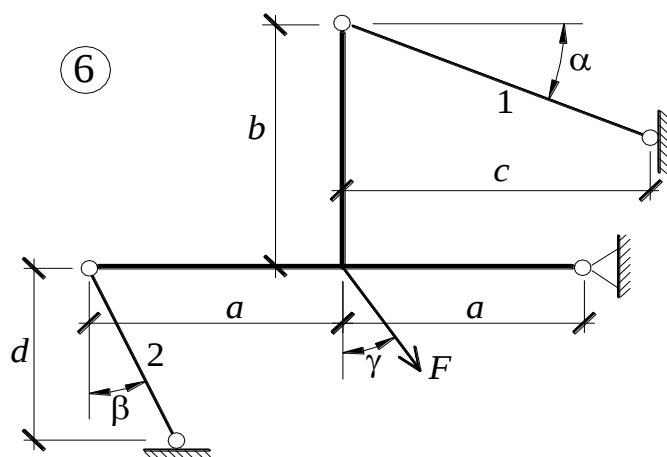
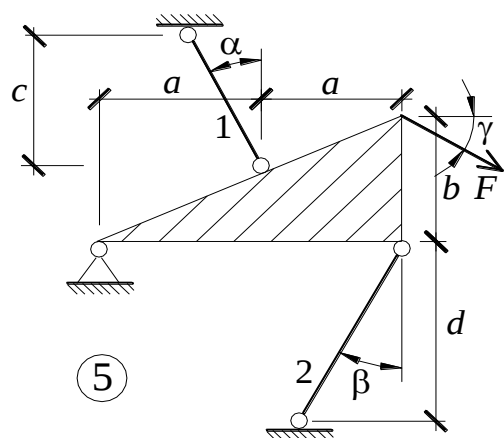
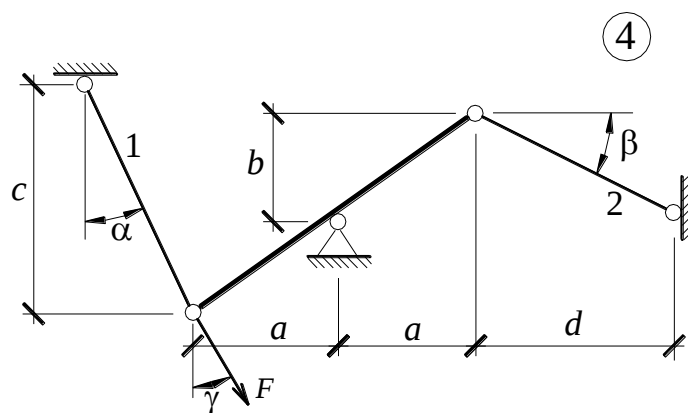
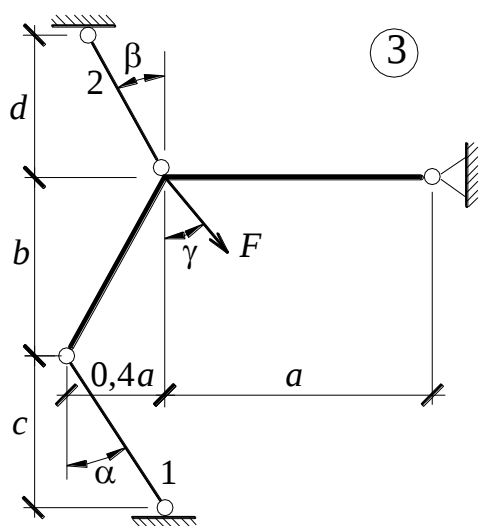
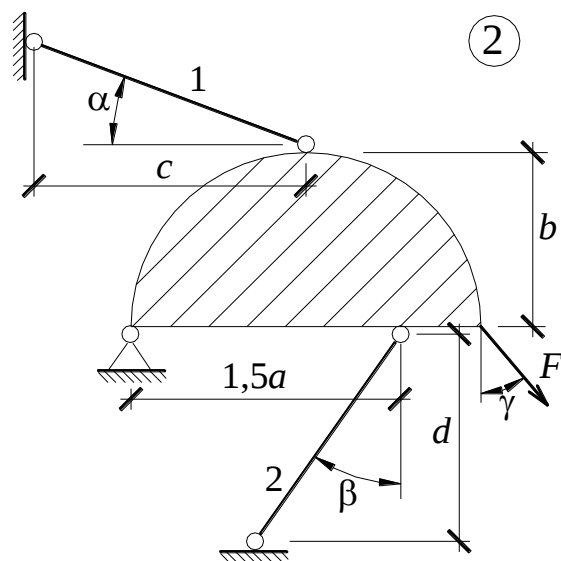
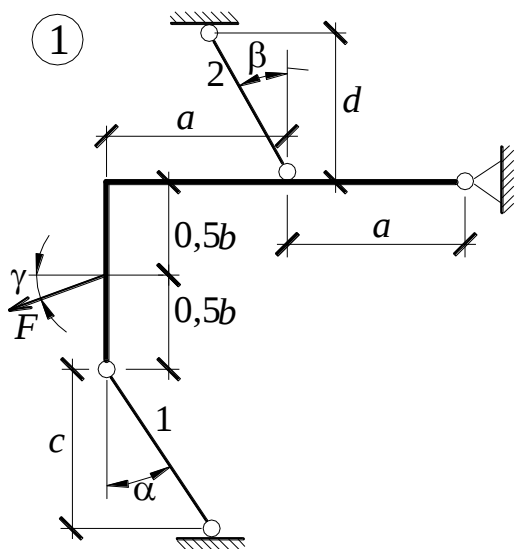
- изобразить план перемещений и составить условие совместности деформаций;

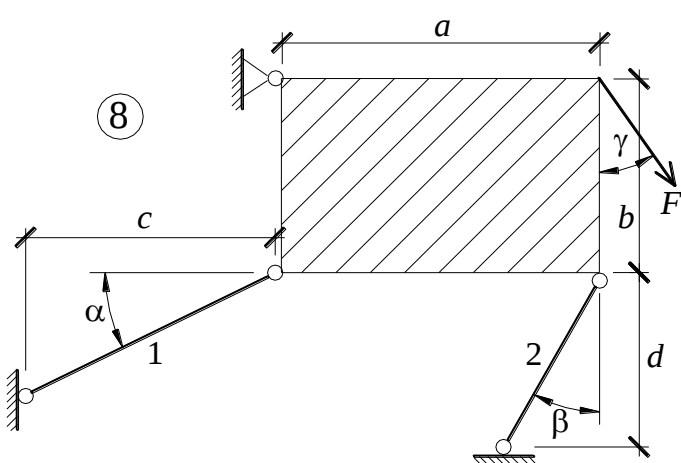
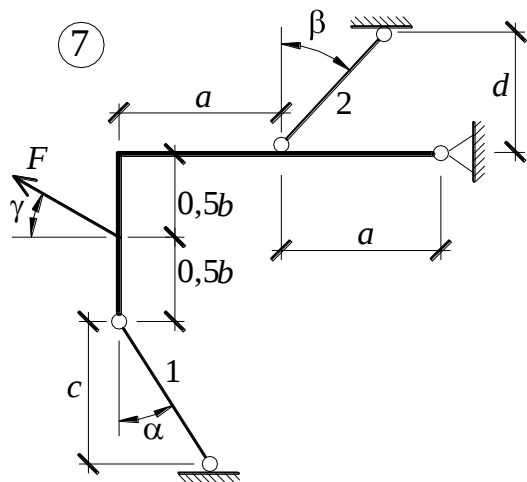
- дополнить уравнения равновесия и условие совместности деформаций законом Гука и решить полученную систему уравнений относительно усилий в стержнях;

- выразить напряжения через неизвестные площади сечений, сравнить их и из условия прочности наиболее напряженного стержня определить необходимые площади сечений.

3. Подобрать сечения стержней расчетом по предельному пластическому состоянию. Сравнить с предыдущим вариантом расчета.

4. Для сечений, подобранных по допускаемым напряжениям, определить дополнительные напряжения, вызванные неточностью изготовления i -того стержня. Сравнить с напряжениями от заданной нагрузки.





<i>A</i>	№ схемы	<i>c</i> , м	α , град	<i>F</i> , кН	<i>B</i>	β , град	<i>d</i> , м	<i>a</i> , м	Δ_i , мм
0	1	3,9	20	225	0	40	3,5	3,2	0,5
1	2	3,0	35	250	1	35	3,6	3,4	-0,4
2	3	3,1	10	225	2	30	3,7	3,6	0,3
3	4	3,2	15	50	3	25	3,8	3,8	-0,2
4	5	3,3	20	75	4	20	4,0	4,0	0,1
5	6	3,4	25	100	5	15	3,0	2,0	-0,1
6	7	3,5	30	125	6	20	3,1	2,2	0,2
7	8	3,6	35	150	7	25	3,2	2,6	-0,3
8	7	3,7	30	175	8	30	3,3	2,8	0,4
9	6	3,8	25	200	9	35	3,4	3,0	-0,5

<i>C</i>	γ , град	<i>b</i> , м	A_1/A_2	<i>i</i>
0	10	3,2	1,4	2
1	20	3,4	1,6	1
2	10	3,6	1,8	2
3	30	3,8	2,0	1
4	35	4,0	2,2	2
5	40	2,2	0,4	1
6	35	2,4	0,6	2
7	30	2,6	0,8	1
8	25	2,8	1,0	2
9	20	3,0	1,2	1

Задача № 6.

Исследование напряженно-деформированного состояния в точке тела

1. Изобразить расчетный элемент к задаче в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. На гранях элемента должны быть пока-

заны реальные направления заданных напряжений и их абсолютные числовые значения.

2. Найти нормальное и касательное напряжения, действующие по заданной наклонной площадке. Выполнить это аналитически (по формулам) и графически (с помощью круга Мора), сравнить результаты. Показать эти напряжения на наклонной площадке в числовом выражении.

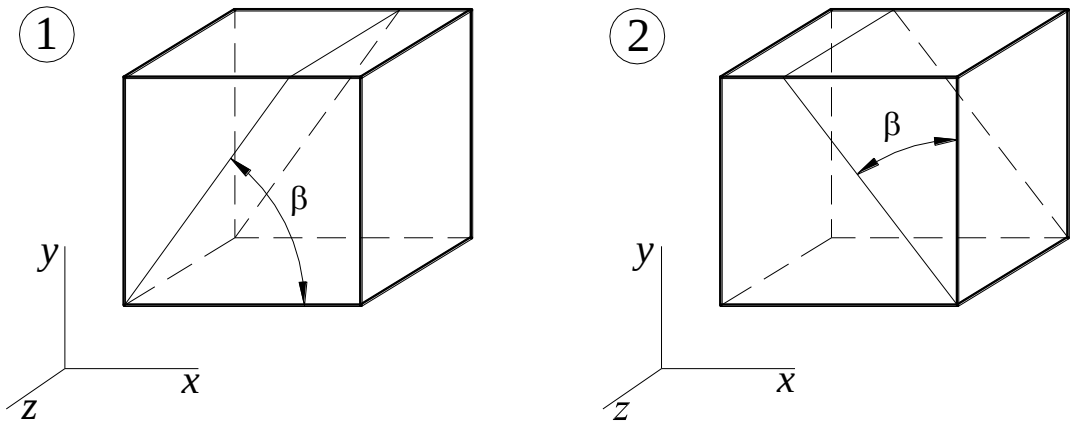
3. Найти положение главных площадок и действующие по ним главные напряжения. Выполнить это также двумя способами.

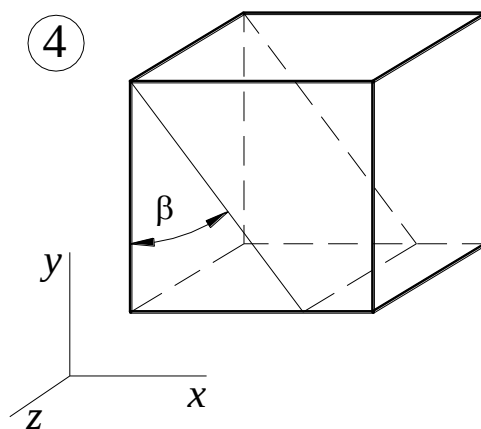
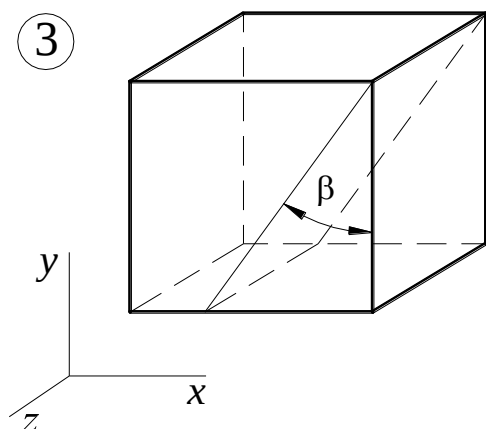
4. Найти наибольшие в точке касательные напряжения и показать площадки, по которым они действуют.

5. Проверить прочность материала в рассматриваемой точке по соответствующим материалу теориям прочности. Для каждой рассмотренной теории вычислить фактический коэффициент запаса. Показать опасные площадки.

6. Найти величины относительных продольных деформаций по главным направлениям и вычислить относительную объемную деформацию.

<i>A</i>	№ схемы	σ_x , МПа	σ_y , МПа	<i>B</i>	β , град	τ_{xy} , МПа	<i>C</i>	$\sigma_{пред}$, МПа	Материал
0	2	50	-40	0	20	50	0	180/300	Чугун
1	3	-60	50	1	30	-40	1	240	Сталь
2	4	70	-60	2	40	-10	2	210	Алюминий
3	1	60	70	3	50	20	3	150/240	Чугун
4	2	-50	60	4	60	-30	4	270	Сталь
5	3	40	-30	5	70	40	5	300	Сталь
6	4	10	20	6	80	-50	6	180	Алюминий
7	3	-20	-10	7	45	60	7	210/360	Чугун
8	2	30	-20	8	30	-70	8	330	Сталь
9	1	-40	30	9	10	-60	9	150	Алюминий





Задача № 7.

Подбор сечения составного стержня, работающего на кручение

1. Изобразить в масштабе в аксонометрии расчетную схему стержня в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. На схеме должны быть показаны реальные направления заданных нагрузок и их абсолютные числовые значения.

2. Построить в масштабе эпюру крутящих моментов.

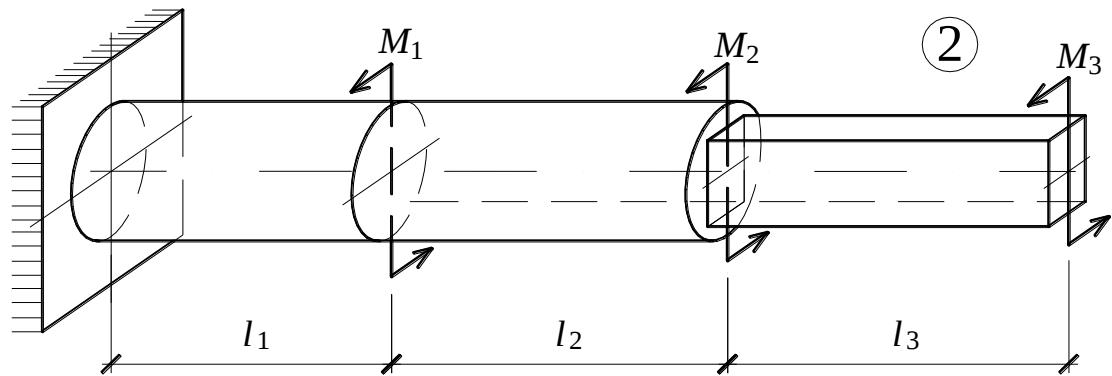
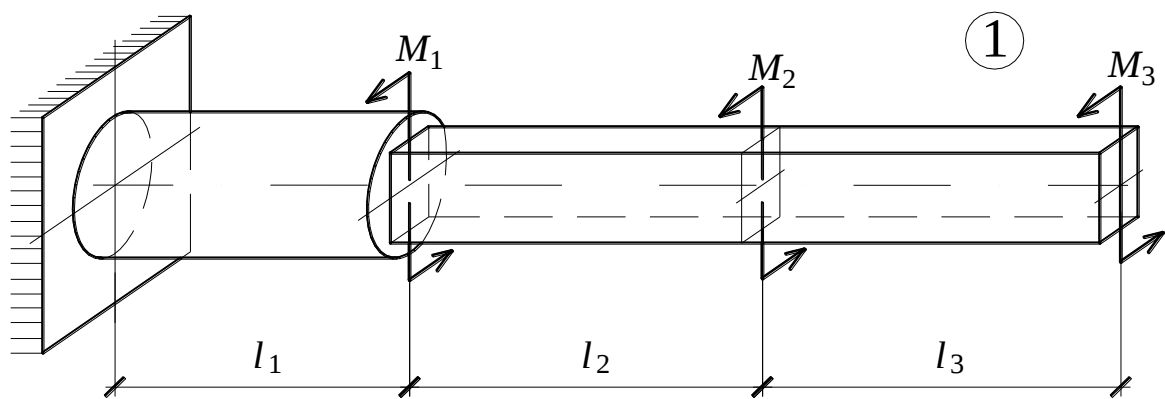
3. Для каждого сечения изобразить эпюру касательных напряжений, показать напряженное состояние в опасной точке и подобрать размеры поперечных сечений из условия прочности.

4. Вычислить для каждого участка погонный угол закручивания и проверить условие жесткости. Если оно где-либо не выполняется, подобрать новый размер сечения из условия жесткости.

6. Определить угол закручивания на каждом участке стержня и построить в масштабе эпюру углов закручивания.

<i>A</i>	№ схемы	l_1 , м	M_1 , кНм	h/b	<i>B</i>	l_2 , м	M_2 , кНм	$[\theta']$, град/м
0	1	1,4	30	2,0	0	1,3	25	1,3
1	2	0,5	-32	1,75	1	1,4	-27	1,4
2	1	0,6	10	1,5	2	0,5	30	0,5
3	2	0,7	-12	1,0	3	0,6	-10	0,6
4	1	0,8	15	1,5	4	0,7	12	0,7
5	2	0,9	-18	1,75	5	0,8	-15	0,8
6	1	1,0	20	2,0	6	0,9	18	0,9
7	2	1,1	-24	2,5	7	1,0	-20	1,0
8	1	1,2	25	3,0	8	1,1	22	1,1
9	2	1,3	-27	2,5	9	1,2	-24	1,2

<i>C</i>	l_3 , м	M_3 , кНм	Материал	
			○	□
0	1,2	-27	Сталь	Чугун
1	1,3	30	Чугун	Алюм.
2	1,4	-32	Бронза	Чугун
3	0,5	35	Чугун	Сталь
4	0,6	-12	Алюм.	Чугун
5	0,7	15	Чугун	Сталь
6	0,8	-18	Чугун	Алюм.
7	0,9	20	Сталь	Чугун
8	1,0	-24	Бронза	Чугун
9	1,1	25	Алюм.	Чугун



Задача № 9.
Подбор сечения стальной двутавровой балки при плоском поперечном изгибе

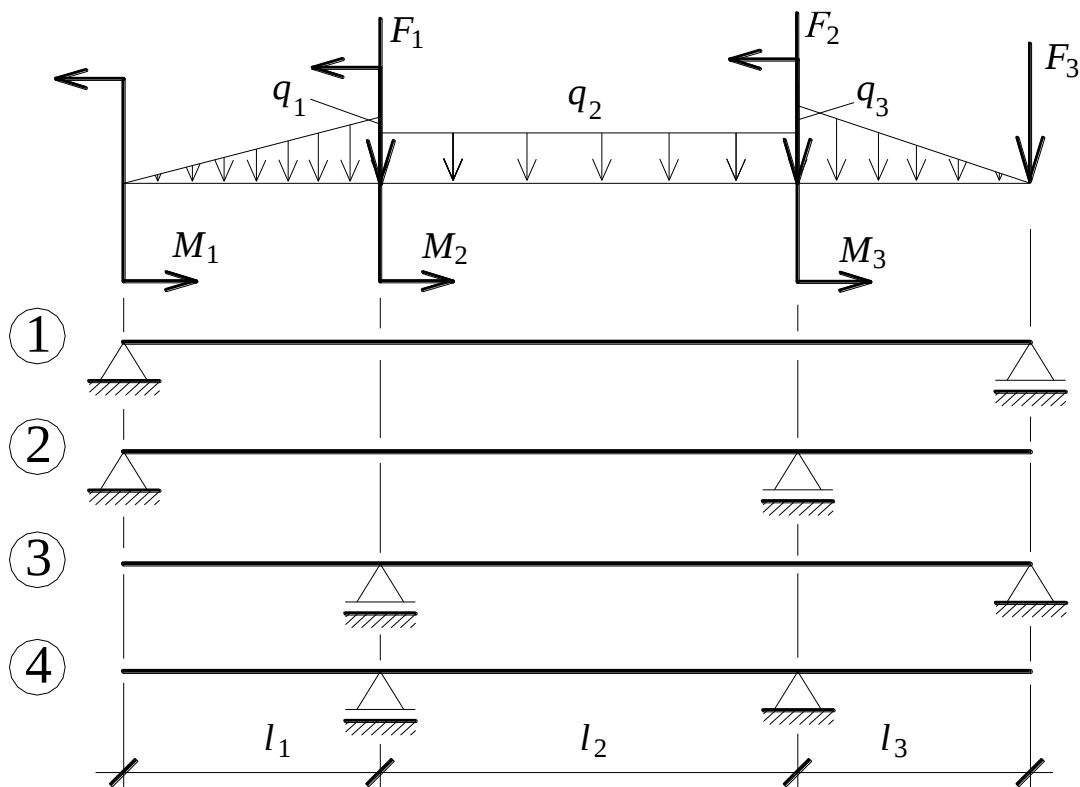
1. Изобразить в масштабе расчетную схему балки в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. На схеме должны быть показаны реальные направления заданных нагрузок и их абсолютные числовые значения. От-

личные от нуля сосредоточенные силы, попадающие на опоры, учитывать не нужно.

2. Найти опорные реакции.
3. Построить в масштабе эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
4. Изобразить фасад балки и ее сечение. Построить эпюры нормальных и касательных напряжений и показать опасные точки на фасаде и в сечении.
5. Из условия прочности по максимальным нормальным напряжениям подобрать номер двутавра.
6. Проверить прочность в остальных опасных точках. Если условие прочности в какой-нибудь точке не будет выполняться, подобрать другой номер двутавра.

<i>A</i>	№ схемы	<i>l</i> ₁ , м	<i>F</i> ₁ , кН	<i>M</i> ₁ , кНм	<i>B</i>	<i>q</i> ₂ , кН/м	<i>l</i> ₂ , м	<i>F</i> ₂ , кН	<i>M</i> ₂ , кНм
0	2	1,0	0	0	0	30	5,5	20	20
1	3	1,5	55	70	1	25	2,0	0	0
2	4	2,0	60	80	2	-10	2,5	-30	20
3	1	2,5	0	0	3	-15	3,0	35	-30
4	2	3,0	-20	-80	4	20	3,5	0	0
5	3	2,5	25	10	5	25	4,0	45	70
6	4	2,0	0	0	6	-30	4,5	-40	60
7	1	1,5	35	30	7	35	5,0	0	0
8	2	1,0	-40	-40	8	40	5,5	0	0
9	1	1,5	0	0	9	-35	6,0	25	-30

<i>C</i>	<i>l</i> ₃ , м	<i>M</i> ₃ , кНм	<i>q</i> ₁ , кН/м	<i>q</i> ₃ , кН/м	<i>F</i> ₃ , кН
0	1,0	80	0	30	50
1	1,5	70	30	0	-45
2	2,0	0	0	45	0
3	2,5	-50	-15	0	35
4	3,0	40	0	-15	40
5	2,5	0	30	0	0
6	2,0	0	0	15	0
7	1,5	70	45	0	-55
8	1,0	-80	0	-30	60
9	1,5	0	-40	0	0



РГР № 2. Задачи №№ 11, 12, 14, 15, 18.

Задача № 11.

**Определение перемещений в двутавровой балке
при плоском поперечном изгибе**

1. Изобразить в масштабе расчетную схему балки в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. На схеме должны быть показаны реальные направления заданных нагрузок и их абсолютные числовые значения. Отличные от нуля сосредоточенные силы, попадающие на опоры, учитывать не нужно.

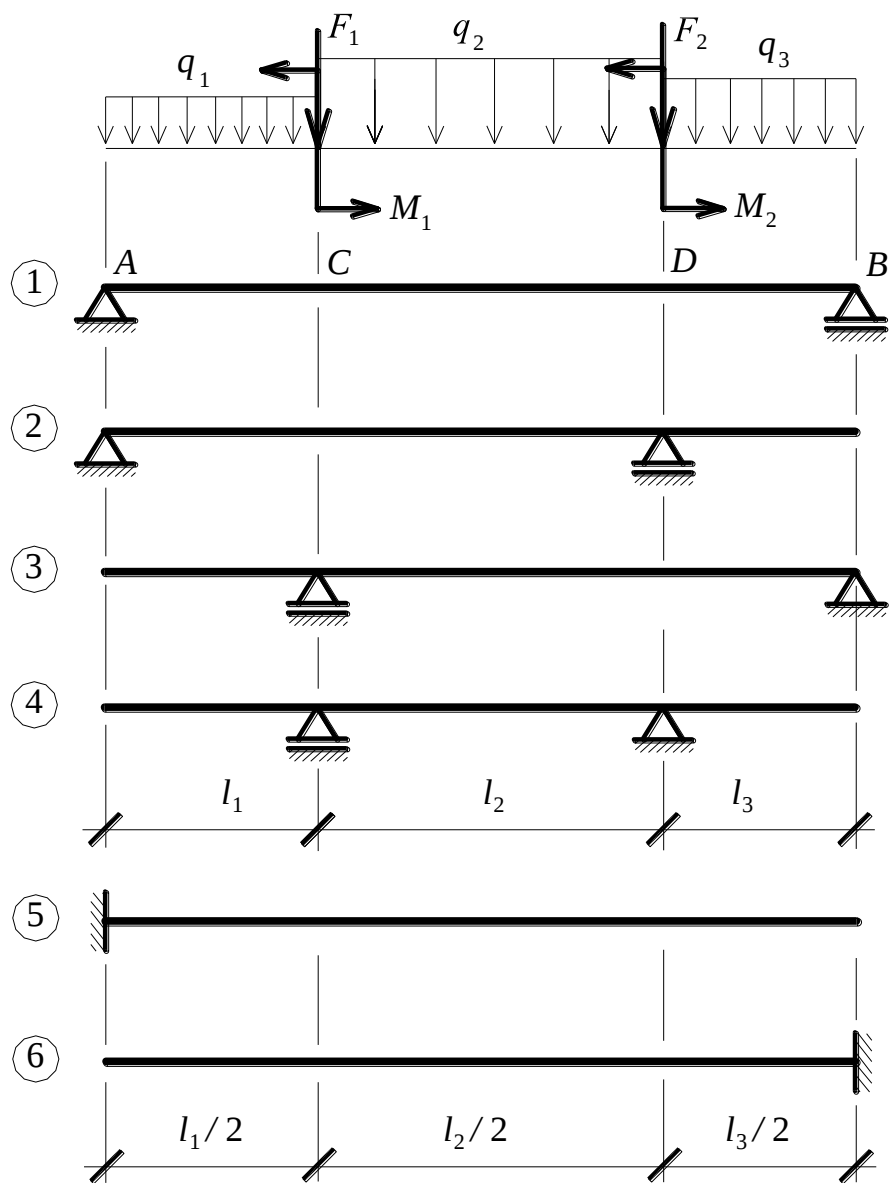
2. Найти опорные реакции и построить в масштабе эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

3. Из условий прочности в опасных точках подобрать номер двутавра.

4. В заданных сечениях определить прогиб и угол поворота аналитическим методом, т.е. при помощи приближенного дифференциального уравнения оси изогнутой балки (метод начальных параметров, метод Клебша).

5. В этих же сечениях определить прогиб и угол поворота энергетическим методом (методом Максвелла – Мора). Сравнить результаты, полученные двумя разными методами.

6. Изобразить изогнутую ось балки и показать на ней найденные перемещения.
7. Проверить жесткость балки, считая допустимым значение прогиба, равное $1/200$ длины пролета.



<i>A</i>	№ схемы	Прогиб в сече- нии	Угол в сече- нии	<i>l</i> ₁ , м	<i>B</i>	<i>q</i> ₁ , кН/м	<i>q</i> ₂ , кН/м	<i>l</i> ₂ , м	<i>F</i> ₁ , кН	<i>M</i> ₁ , кНм
0	5	<i>D</i>	<i>B</i>	1,5	0	0	-12	4,0	10	-50
1	6	<i>A</i>	<i>C</i>	1,6	1	-15	0	4,8	0	40
2	5	<i>B</i>	<i>D</i>	1,8	2	0	18	5,0	-30	0
3	4	<i>B</i>	<i>C</i>	2,0	3	6	0	5,4	40	40
4	3	<i>A</i>	<i>B</i>	1,8	4	0	5	5,6	0	0
5	2	<i>C</i>	<i>A</i>	1,6	5	8	0	6,0	60	-60
6	1	<i>D</i>	<i>B</i>	1,5	6	0	-12	4,8	-50	-70
7	2	<i>B</i>	<i>D</i>	1,0	7	-15	0	3,0	0	0
8	3	<i>D</i>	<i>C</i>	1,2	8	0	12	3,2	30	70
9	4	<i>A</i>	<i>D</i>	1,4	9	20	0	3,6	20	60

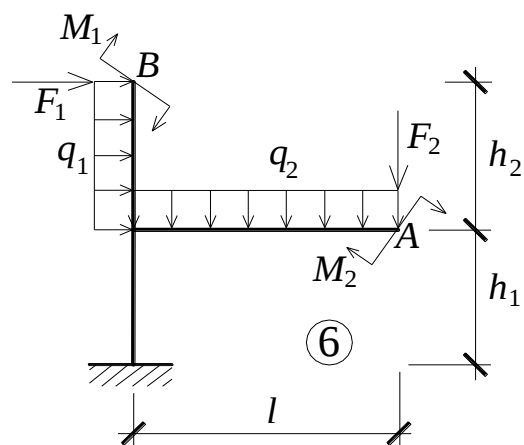
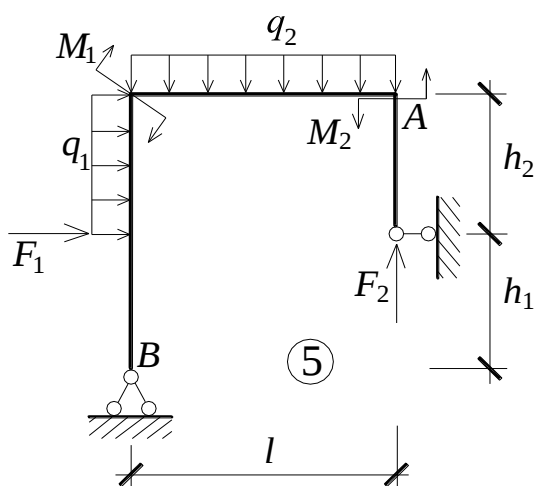
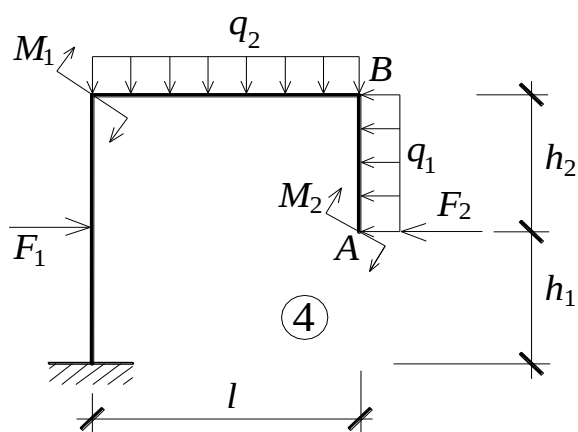
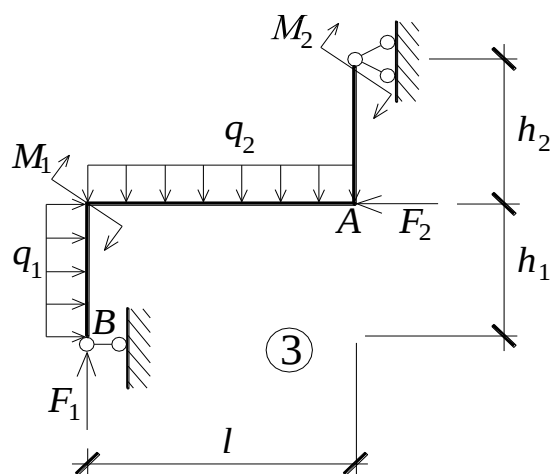
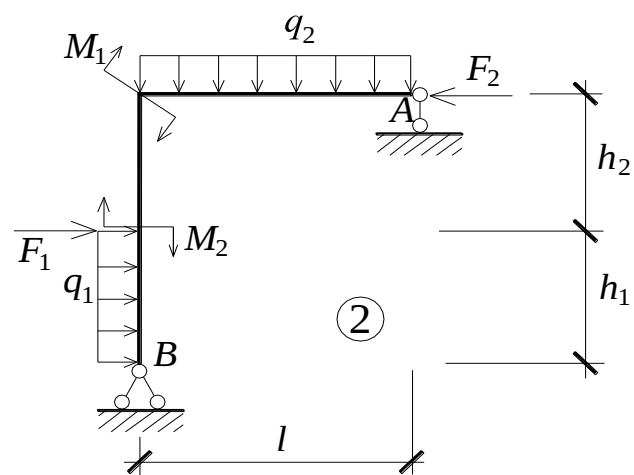
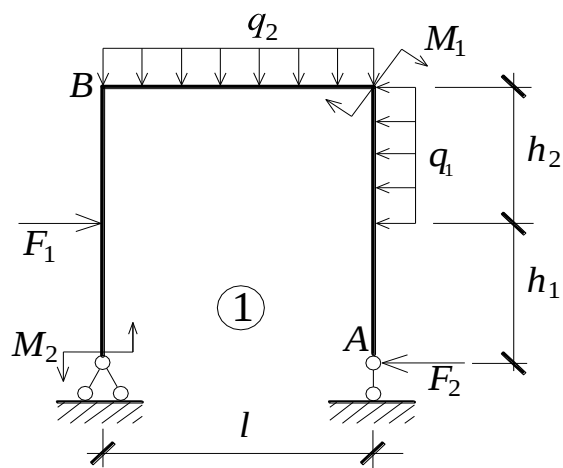
C	$l_3,$ м	$F_2,$ кН	$M_2,$ кНм	$q_3,$ кН/м
0	1,5	20	0	18
1	1,8	30	-30	0
2	2,0	0	40	-12
3	1,6	-50	0	10
4	1,5	60	60	0
5	1,2	0	-70	6
6	1,0	40	0	-5
7	1,2	-30	70	0
8	1,0	0	60	8
9	1,2	10	0	10

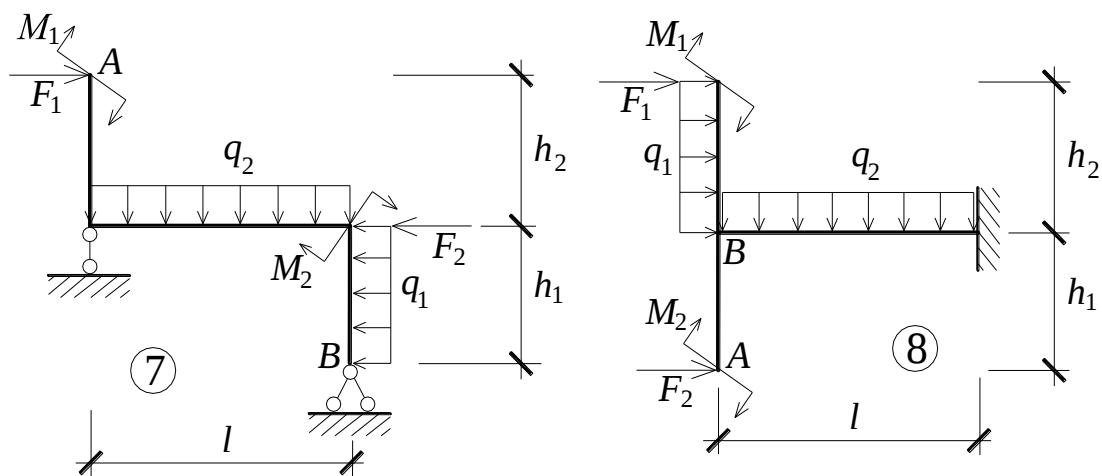
Задача № 12.

Определение перемещений в раме

1. Изобразить в масштабе расчетную схему рамы в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. На схеме должны быть показаны реальные направления заданных нагрузок и их абсолютные числовые значения.
2. Найти опорные реакции и построить в масштабе эпюры внутренних усилий N , Q и M . Проверить равновесие узлов.
3. Определить линейные (горизонтальное и вертикальное) перемещения в сечении A и угол поворота в сечении B энергетическим методом (методом Максвелла – Мора).
4. Изобразить изогнутую ось рамы и показать на ней найденные перемещения.

A	№ схемы	$l,$ м	$q_1,$ кН/м	$q_2,$ кН/м	B	$h_1,$ м	$M_1,$ кНм	$M_2,$ кНм	C	$h_2,$ м	$F_2,$ кН	$F_1,$ кН
0	4	3,6	0	20	0	2,4	30	0	0	2,2	40	0
1	5	3,8	15	0	1	2,6	0	20	1	2,4	0	30
2	6	4,0	0	20	2	2,8	30	0	2	2,6	-40	0
3	7	4,2	25	0	3	3,0	0	40	3	2,8	0	50
4	8	4,4	0	-15	4	3,2	50	0	4	3,0	30	0
5	7	4,6	-20	0	5	3,4	0	-30	5	3,2	0	-30
6	6	4,8	0	10	6	3,6	-60	0	6	3,4	-20	0
7	1	3,0	5	0	7	3,8	0	60	7	3,6	0	10
8	2	3,2	0	-20	8	2,0	50	0	8	3,8	40	0
9	3	3,4	-5	0	9	2,2	0	-40	9	2,0	0	-30





Задача № 14.

Расчет балки при косом изгибе

1. Построить аксонометрическое изображение расчетной схемы балки в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. На схеме должны быть показаны реальные направления заданных нагрузок и их абсолютные числовые значения.

2. Построить эпюры внутренних усилий в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

3. Рациональным образом ориентировать заданную форму сечения относительно главных осей инерции сечения.

4. Выбрать опасные сечения, т. е. те, в которых действуют наиболее неблагоприятные сочетания изгибающих моментов.

5. В опасном сечении показать изгибающие моменты (векторами) и нейтральную ось. Выбрать опасную точку, т. е. точку с наибольшими нормальными напряжениями.

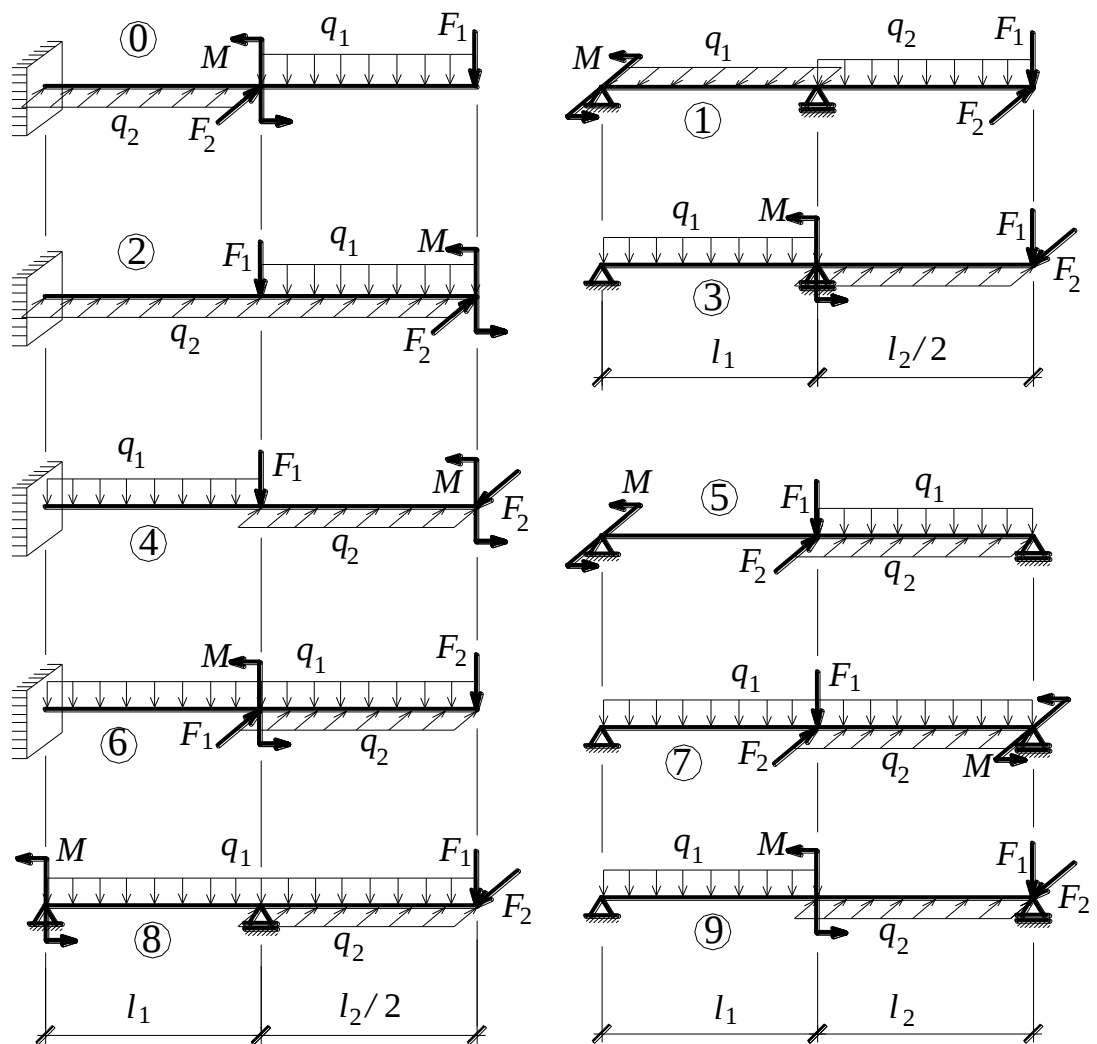
6. Из условия прочности в опасной точке подобрать сечение балки из заданных прокатных профилей.

7. Проверить прочность в остальных опасных сечениях. Если условие прочности не будет выполняться, подобрать размеры сечения заново.

8. Найти полное перемещение точки оси балки, расположенной на конце консоли или на границе двух участков как геометрическую сумму вертикального и горизонтального перемещений.

9. Найденные перемещения показать на сечении балки в виде векторов. Сопоставить направление вектора полного перемещения с направлением нейтральной оси в этом сечении.

<i>A</i>	№ схемы	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	<i>B</i>	l_1 , м	F_1 , кН	F_2 , кН	<i>C</i>	l_2 , м	Сечение	M , кНм
0	1	0	10	0	1	0	-40	0	3	I	40
1	2	5	0	1	2	20	0	1	2	] [	-30
2	3	0	20	2	3	0	30	2	1	[]	20
3	4	15	0	3	4	10	0	3	2	I	10
4	5	0	10	4	3	0	10	4	3	I	-20
5	6	-20	0	5	2	-40	0	5	4	] [	-30
6	7	0	-5	6	1	0	-30	6	3	[]	40
7	8	25	0	7	2	40	0	7	2	I	50
8	9	0	20	8	3	0	40	8	1	] [	-60
9	0	-15	0	9	4	-30	0	9	2	[]	50

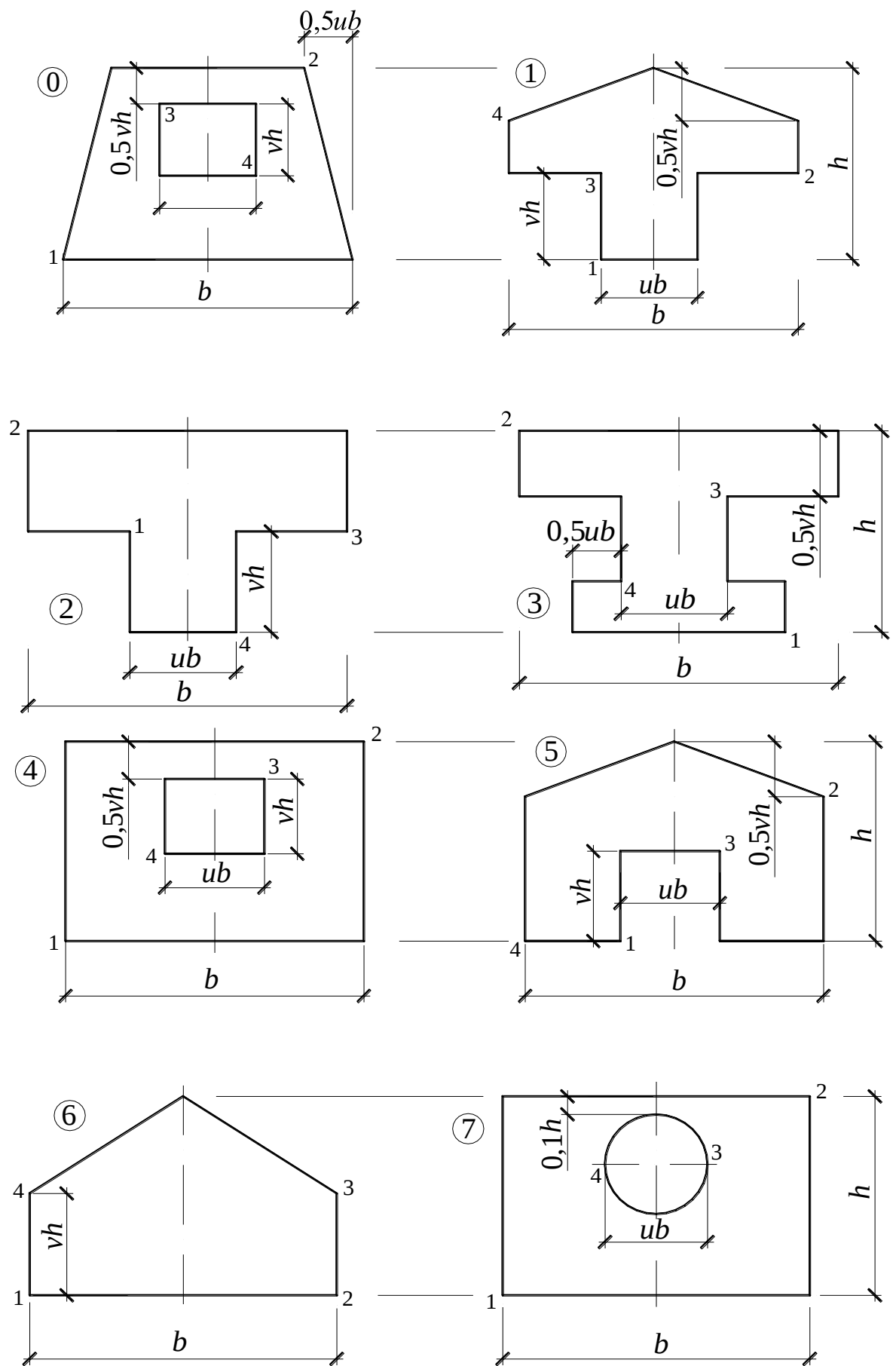


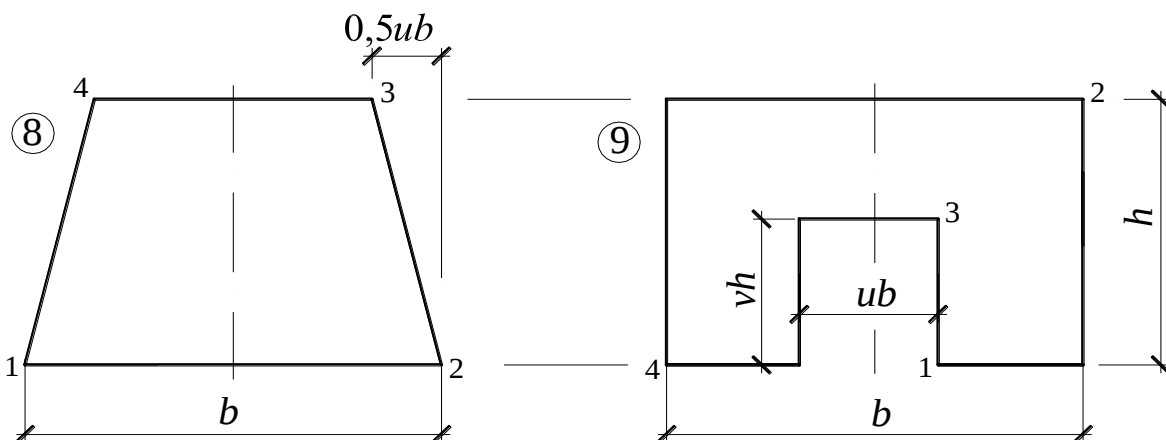
Задача № 15.

Проверка прочности внецентренно нагруженного стержня

1. Изобразить в аксонометрии призматический стержень с поперечным сечением, форма которого задана в таблице, а нижнее сечение опирается на неподвижное основание. Показать приложенные к верхнему сечению растягивающую и сжимающую силы.
2. Изобразить в масштабе расчетную схему сечения в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы. Показать заданные растягивающую и сжимающую силы.
3. Записать формулу для нормальных напряжений в сечении.
4. Найти положение центра тяжести сечения и провести его главные центральные оси инерции.
5. Определить главные моменты инерции сечения.
6. Определить внутренние усилия в сечении.
7. Составить уравнение нейтральной оси и построить нейтральную ось.
8. Построить эпюру нормальных напряжений. Проверить прочность материала в опасных точках, считая стержень бетонным с характеристиками $\sigma_b^c = 30 \text{ МПа}$, $\sigma_b^p = 4,5 \text{ МПа}$.
9. Построить ядро сечения и эллипс инерции.

<i>A</i>	№ схемы	F_p , кН	<i>u</i>	<i>B</i>	<i>b</i> , см	<i>v</i>	Точка приложения силы		<i>C</i>	<i>h</i> , см	F_c , кН
							F_p	F_c			
0	7	150	0,6	0	100	0,5	2	4	0	80	800
1	8	200	0,7	1	90	0,6	3	4	1	90	900
2	9	150	0,6	2	80	0,7	4	3	2	80	800
3	0	100	0,5	3	70	0,6	4	2	3	70	700
4	1	50	0,4	4	60	0,5	3	1	4	60	600
5	2	100	0,3	5	50	0,4	2	1	5	50	300
6	3	150	0,4	6	60	0,3	1	2	6	40	400
7	4	200	0,3	7	70	0,4	1	3	7	50	500
8	5	50	0,4	8	80	0,3	2	4	8	60	600
9	6	100	0,5	9	90	0,4	1	3	9	70	700

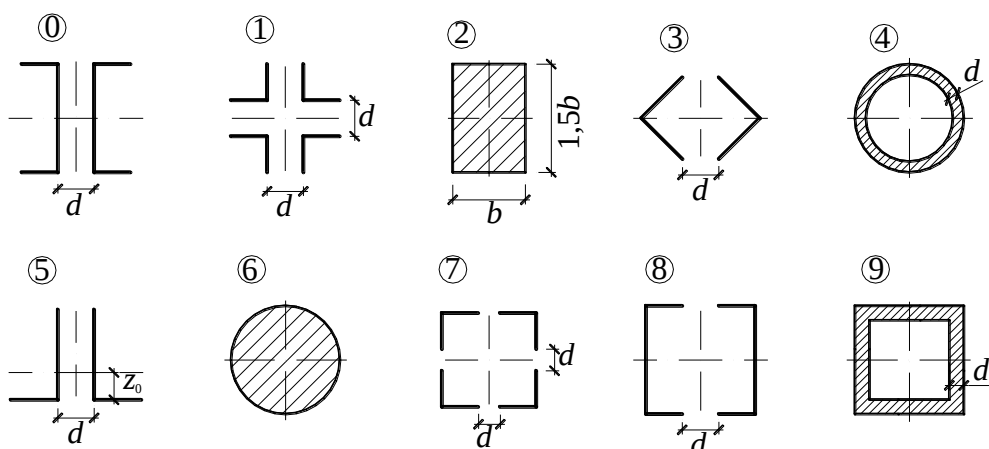


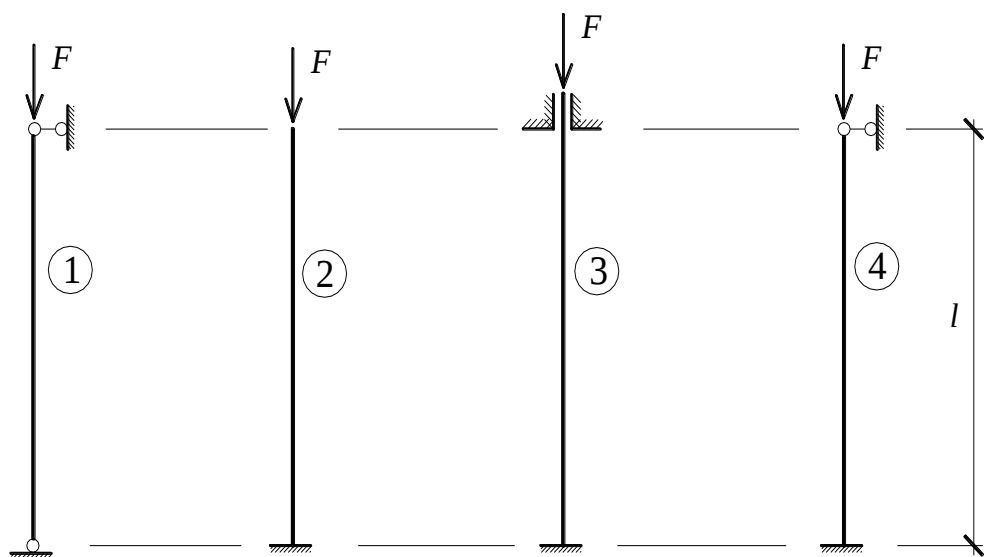


Задача № 18.

Подбор сечения центрально сжатого стержня

1. Изобразить расчетную схему стержня и форму сечения в соответствии с исходными данными, выбранными по шифру из таблицы исходных данных.
2. Из условия прочности с учетом коэффициента местных ослаблений определить требуемые размеры сечения.
3. Показать главные центральные оси инерции сечения и вычислить моменты инерции относительно этих осей.
4. Определить минимальный радиус инерции, вычислить гибкость, найти по таблице коэффициент понижения допускаемых напряжений и проверить условие устойчивости.
5. Если условие устойчивости не выполняется, увеличивать сечение до тех пор, пока оно не будет выполнено.





<i>A</i>	Схема сечения	<i>l</i> , м	Местные ослабления, %	<i>B</i>	<i>F</i> , кН	<i>d</i> , мм	<i>C</i>	Схема стержня	Материал
0	0	6	25	0	650	16	0	2	C235
1	1	7	20	1	700	18	1	1	C275
2	2	8	15	2	250	20	2	2	C235
3	3	9	10	3	300	24	3	3	C275
4	4	10	5	4	350	14	4	4	C235
5	5	11	10	5	400	4	5	4	C275
6	6	12	5	6	450	6	6	3	C235
7	7	3	10	7	500	8	7	2	C275
8	8	4	15	8	550	10	8	1	C235
9	9	5	20	9	600	12	9	1	C275

Компетенция, формируемая и оцениваемая с помощью расчетно-графического задания: ПК-4			
Уровень сформированности ²			Критерии оценивания
Знаний	Умений	Навыков	
Сформированы систематические знания.	Сформировано умение.	Успешное и систематическое применение навыков.	Расчетно-графическая работа выполнена полностью, без ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием непонимания материала).
Сформированные, но содержащие отдельные	В целом успешные, но содержащие отдельные	В целом успешное, но содержащее отдельные	Расчетно-графическая работа выполнена

² Целью выполнения контрольной (расчетно-графической) работы может быть формирование и оценка сформированности компетенции(ий) по отдельному(ым) этапу(ам)

ные пробелы знания.	пробелы умения.	ные пробелы применение навыков.	полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна негрубая ошибка или два-три недочета, не влияющих на правильную последовательность рассуждений.
Общие, но не структурированные знания.	В целом успешно, но не систематически осуществляемые умения.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков.	В расчетно-графической работе допущено более одной грубой ошибки или более двух-трех недочета, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
Знания не сформированы.	Умения отсутствуют.	Навыки отсутствуют.	Расчетно-графическая работа не выполнена.

3.4 Критерии и шкала оценивания реферата.

Не предусмотрен как средство текущего контроля.

4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине при проведении промежуточной аттестации.

4.1 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с зачетом.

Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине, то он считается аттестованным.

Сформированность компетенции ПК-4	Оценка³	Баллы⁴	Критерии оценивания
<i>Сформированы</i>	<i>Зачтено</i>	60 - 100	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Не сформированы</i>	<i>Не зачтено</i>	< 60	Зачетное количество согласно установленному диапазону баллов не набрано

³ Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

⁴ Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

4.2 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с зачетом с оценкой

Не предусмотрен как средство промежуточного контроля.

4.3 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с экзаменом

Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля и при проведении экзамена:

В ФОС включен список вопросов и заданий к экзамену и типовой вариант экзаменационного билета.

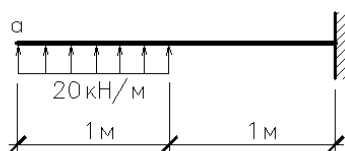
Список экзаменационных вопросов.

1. Дифференциальное уравнение оси изогнутой балки. Его интегрирование в простейших случаях.
2. Составление и интегрирование дифференциального уравнения оси изогнутой балки при сложных нагрузках. Метод Клебша.
3. Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Энергетический баланс при нагружении твердых тел.
4. Работа и дополнительная работа. Теоремы Лагранжа и Кастильяно.
5. Линейно деформируемая система.
6. Понятие о физической и геометрической нелинейности.
7. Выражение потенциальной энергии линейно деформируемой системы через внешние силы: теорема Клапейрона.
8. Выражение потенциальной энергии линейно деформируемой системы через внутренние усилия в стержнях.
9. Теорема Кастильяно для линейно деформируемой стержневой системы. Ее применение для определения перемещений.
10. Интеграл Мора.
11. Вычисление интеграла Мора способом Верещагина. Перемножение эпюр.
12. Напряжения в поперечном сечении стержня в общем случае его нагружения.
13. Косой изгиб: напряжения, уравнение нейтральной оси, эпюра нормальных напряжений.
14. Расчет на прочность при косом изгибе стержней круглого, прямоугольного и двутаврового сечений.
15. Внецентренное сжатие: усилия и напряжения, уравнение нейтральной оси.
16. Свойства нейтральной оси.
17. Ядро сечения: определение свойства, способы построения.

18. Подбор круглого сечения стержня из пластичного материала при произвольном сложном нагружении.
19. Подбор круглого сечения стержня из хрупкого материала при произвольном сложном нагружении.
20. Подбор прямоугольного сечения стержня из пластичного материала при произвольном сложном нагружении.
21. Подбор прямоугольного сечения стержня из хрупкого материала при произвольном сложном нагружении.
22. Понятие об устойчивости. Возможность различных форм равновесных деформированных состояний.
23. Задача Эйлера.
24. Зависимость критической силы от условий закрепления стержня.
25. Критическое напряжение. Граница применимости формулы Эйлера.
26. Полный график зависимости критического напряжения от гибкости стержня. Его аппроксимация для ст.3.
27. Практический метод расчета на устойчивость центрально сжатого стержня. Коэффициент понижения допускаемых напряжений.

Экзаменационные задачи

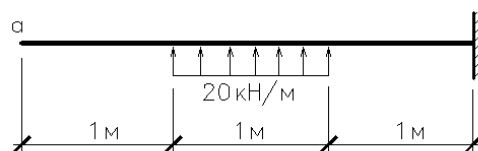
11.1



$$EI = 8000 \text{ кНм}^2.$$

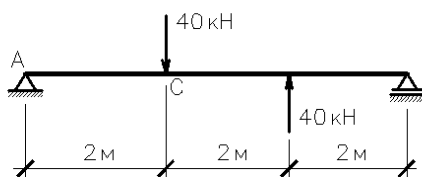
Определить прогиб и угол поворота в сечении а.

11.2



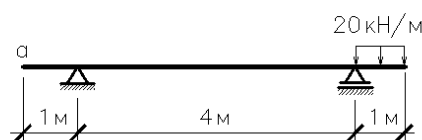
Определить прогиб и угол поворота в сечении а аналитическим методом. Жесткость EI считать заданной.

11.3

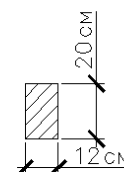


Определить энергетическим методом угол поворота в т. А и прогиб в т. С.

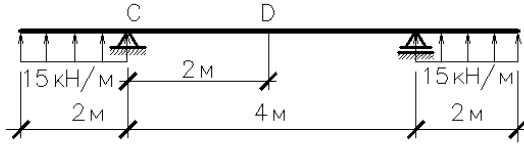
11.4



Определить прогиб и угол поворота в сечении а деревянной балки. $E = 100000 \text{ МПа}$.

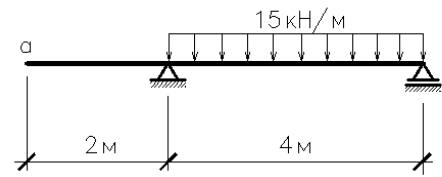


11.5



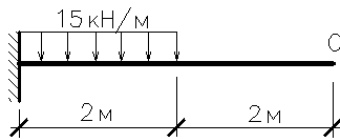
Определить энергетическим методом угол поворота в сечении С и прогиб в сечении D. Жесткость EJ считать заданной.

11.6



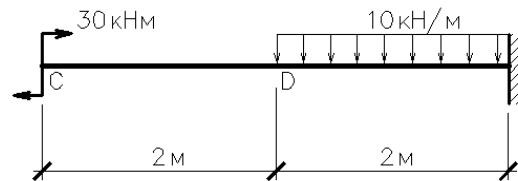
Определить прогиб и угол поворота в сечении а. $EJ=12000000 \text{ кНсм}^2$.

11.7



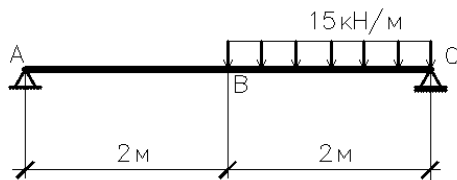
Определить методом Максвелла – Мора угол поворота и прогиб в сечении С. Жесткость EJ считать заданной.

11.8



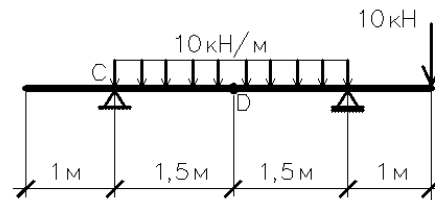
Определить прогиб в точке С и угол поворота в сечении D аналитическим методом. Жесткость EJ считать заданной.

11.9



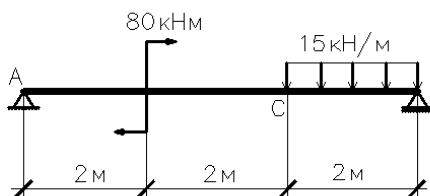
Определить энергетическим методом угол поворота в точке С. Жесткость EJ считать заданной.

11.10



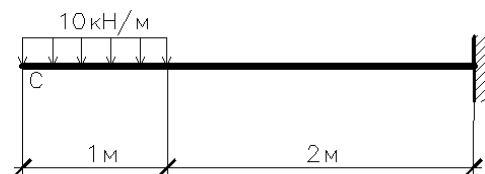
Определить прогиб в т. D и угол поворота в сечении С аналитическим методом. Жесткость EJ считать заданной.

11.11

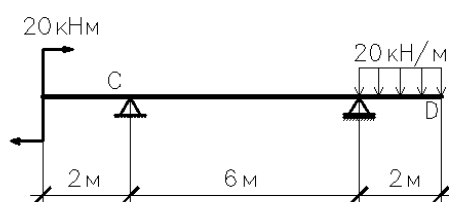


Определить аналитическим методом угол поворота в точке А и прогиб в т. С. Жесткость EJ считать заданной.

11.12

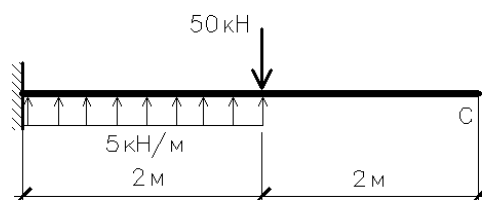


Определить аналитическим методом прогиб и угол поворота в сечении С. Жесткость EJ считать заданной.



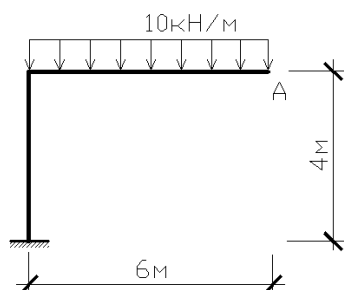
11.13

Определить прогиб в т. D и угол поворота в сечении C энергетическим методом. Жесткость EI считать заданной.



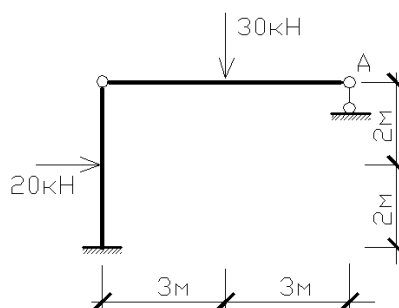
11.14

Определить аналитическим методом прогиб и угол поворота в сечении C. Жесткость EI считать заданной.



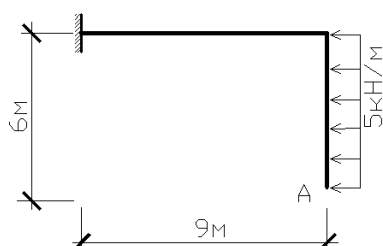
12.1

Определить перемещения в т. A.



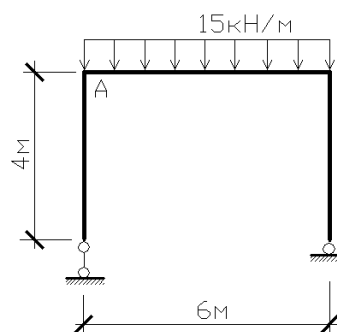
12.2

Определить перемещения в т. A.



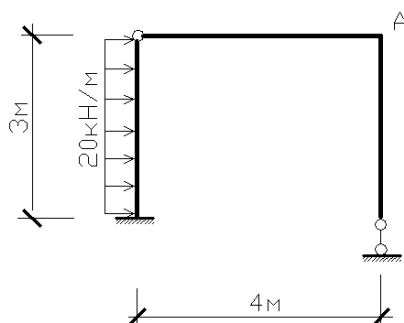
12.3

Определить перемещения в т. A.



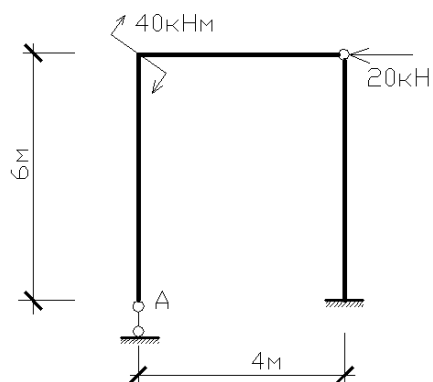
12.4

Определить перемещения в т. A.



12.5

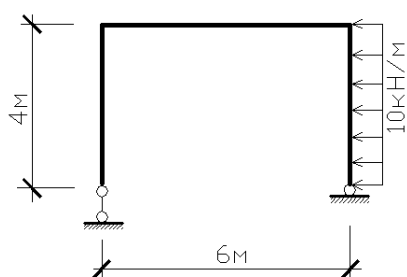
Определить перемещения в т. A.



12.6

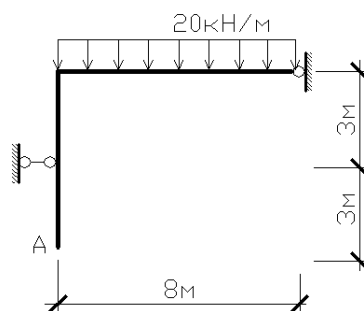
Определить перемещения в т. A.

12.7



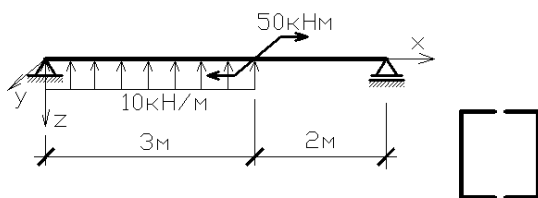
Определить перемещения в т. А.

12.8



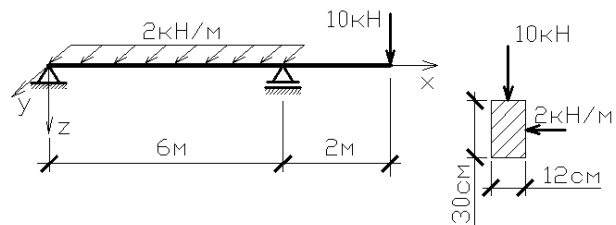
Определить перемещения в т. А.

14.1



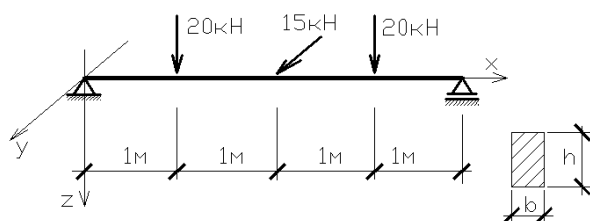
Подобрать сечение из двух швеллеров, поставленных полками внутрь

14.2



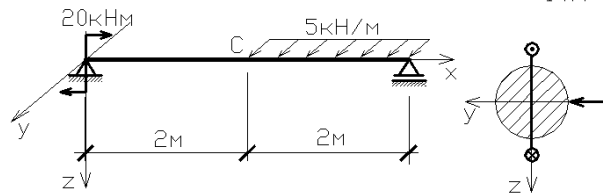
Построить эпюры нормальных напряжений в опасных сечениях и найти наибольшие значения этих напряжений.

14.3



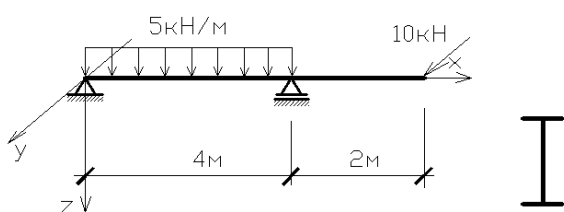
Подобрать сечение балки, если $h/b=1,5$, и $[\sigma]=10\text{ МПа}$.

14.4



Определить величину и направление прогиба в т. С стального стержня

14.5



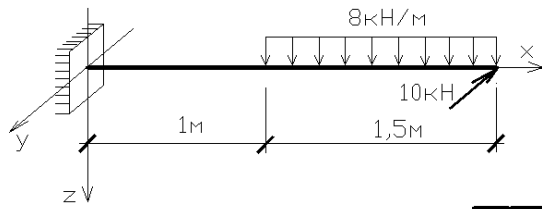
Подобрать двутавровое сечение балки

14.6



Подобрать сечение балки, если $h/b=1,5$ и $[\sigma]=160\text{ МПа}$.

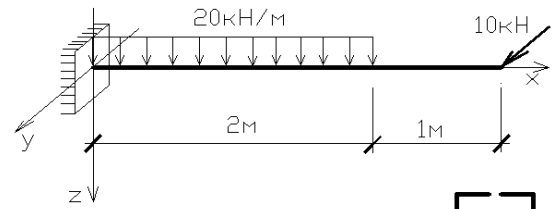
14.7



Подобрать сечение из двух швеллеров, поставленных полками наружу



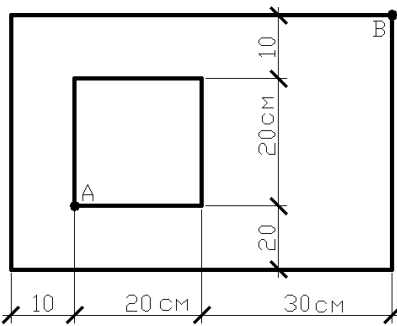
14.8



Подобрать сечение из двух швеллеров, поставленных полками внутрь

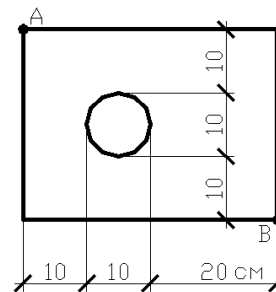


15.1



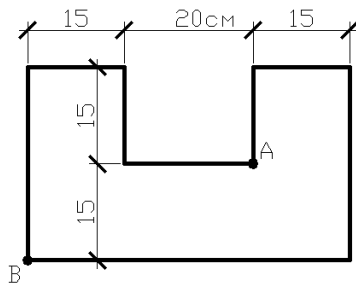
В т. А приложена растягивающая сила 200 кН, в т. В — сжимающая сила 300 кН. Построить эпюру напряжений.

15.2



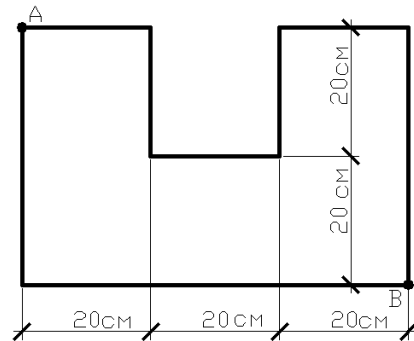
В т. А приложена растягивающая сила 100 кН, в т. В — сжимающая сила 300 кН. Построить эпюру напряжений.

15.3



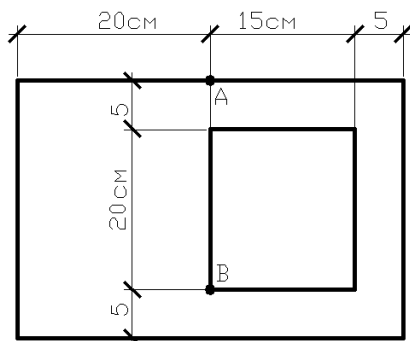
В т. А приложена растягивающая сила 100 кН, в т. В — сжимающая сила 400 кН. Построить эпюру напряжений.

15.4



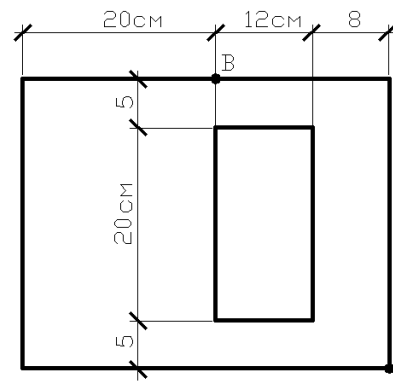
В т. А приложена растягивающая сила 200 кН, в т. В — сжимающая сила 400 кН. Построить эпюру напряжений.

15.5

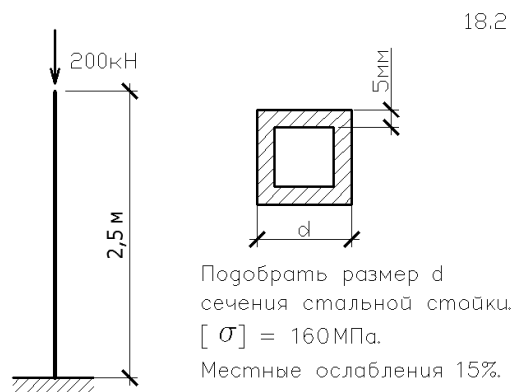
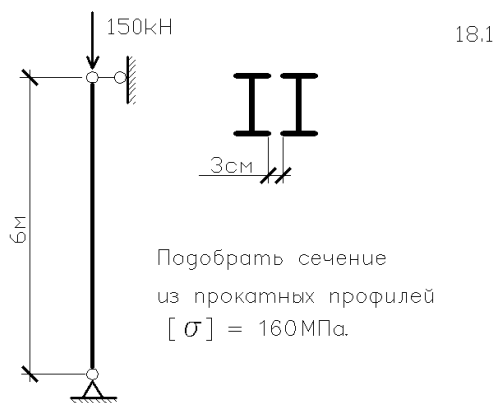
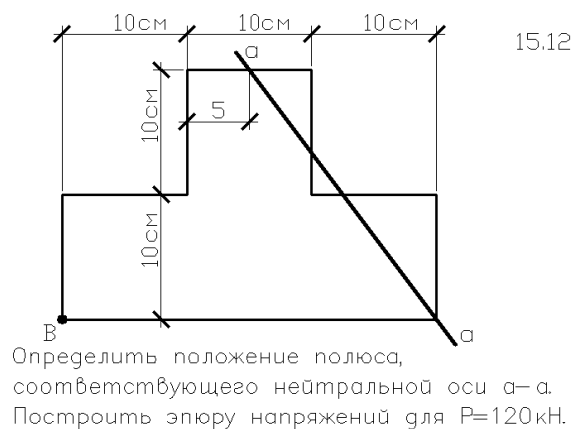
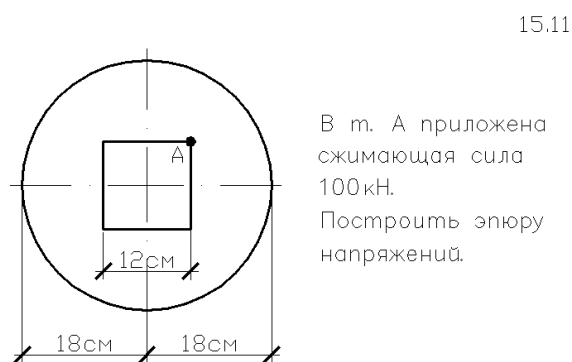
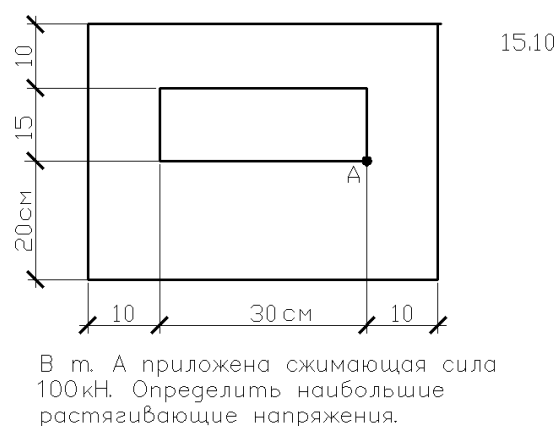
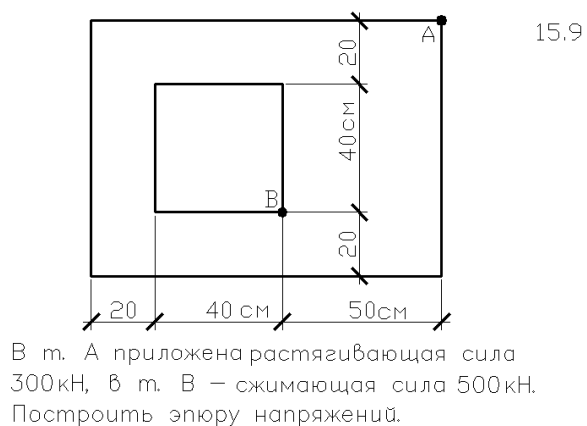
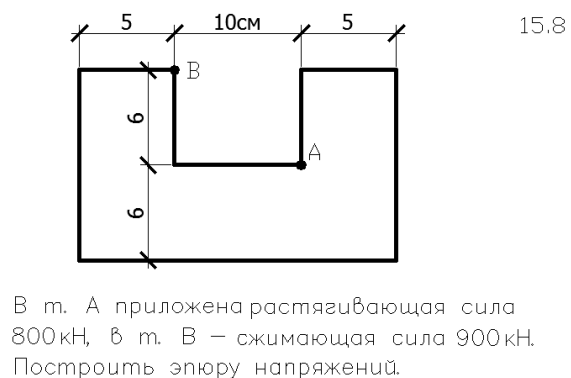
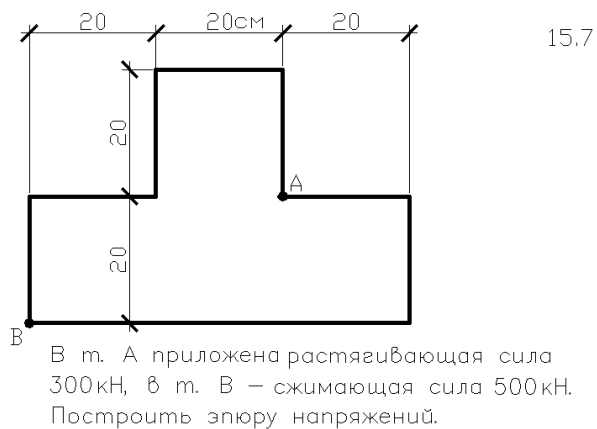


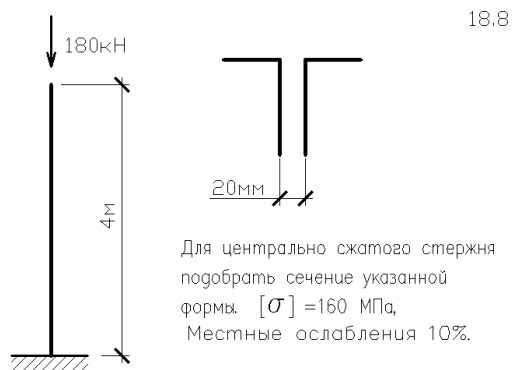
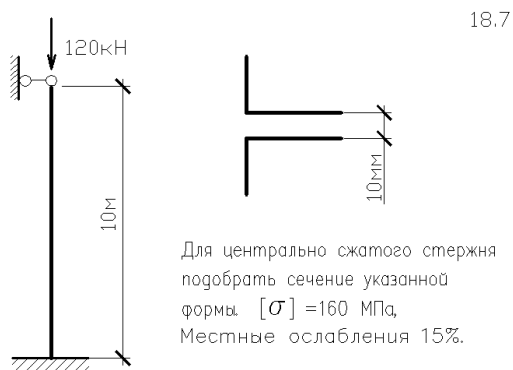
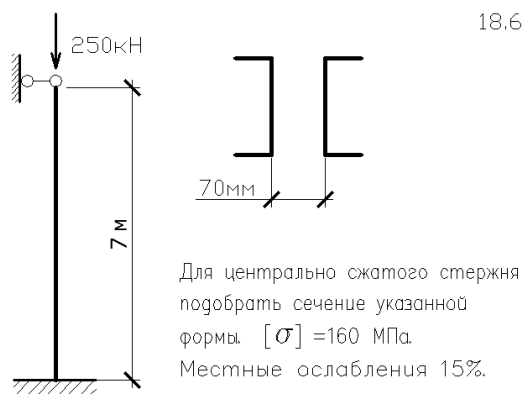
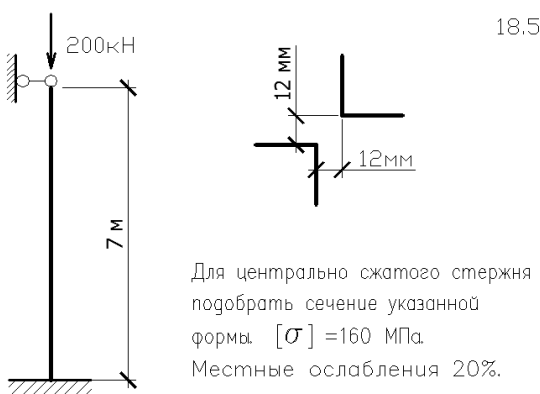
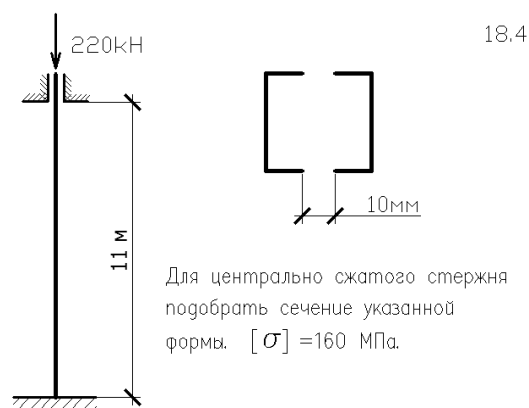
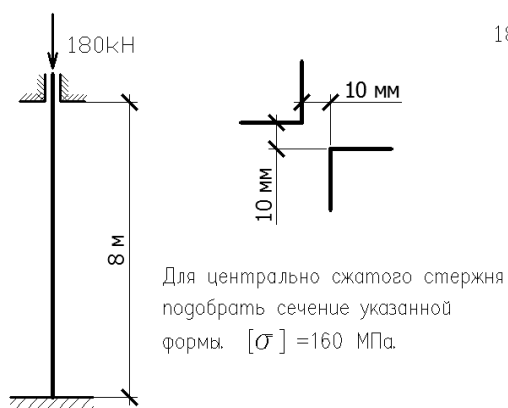
В т. А приложена растягивающая сила 40 кН, в т. В — сжимающая сила 50 кН. Построить эпюру напряжений.

15.6



В т. А приложена сжимающая сила 9,6 кН, в т. В — растягивающая сила 19,2 кН. Построить эпюру напряжений и ядро сечения.





Типовой вариант экзаменационного билета.

Министерство высшего образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Мурманский государственный технический университет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

ПО ДИСЦИПЛИНЕ: «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ», Ч. II.
ДЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО»

-
1. Интеграл Мора.
2. Практический метод расчета на устойчивость центрально сжатого стержня.
Коэффициент понижения допускаемых напряжений.

3. Задача.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры СЭиТ _____ 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ А.А. Челтыбашев

Ответы на экзаменационные вопросы оцениваются по критериям и шкале, представленным в таблице:

Оценка	Баллы ⁵	Критерии оценки ответа на экзамене
Отлично		Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса. Владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области, использует при ответе ссылки на материал специализированных источников, в том числе на интернет-ресурсы.
Хорошо		Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по рассматриваемой теме; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.

⁵ Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

Удовлетворительно		Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.
Неудовлетворительно		Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, не ориентируется в источниках специализированных знаний. Нет ответа на поставленный вопрос.

Оценка, полученная на экзамене, переводится в баллы («5» – 20 баллов, «4» – 15 баллов, «3» – 10 баллов) и суммируется с баллами, набранными в ходе текущего контроля:

Уровень сформированности компетенций	Итоговая оценка по дисциплине ⁶	Суммарные баллы по дисциплине, в том числе ⁷	Критерии оценивания (пример)
Высокий	Отлично	91 - 100	Выполнены все контрольные точки текущего контроля на высоком уровне. Экзамен сдан
Продвинутый	Хорошо	81-90	Выполнены все контрольные точки текущего контроля. Экзамен сдан
Пороговый	Удовлетворительно	70- 80	Контрольные точки выполнены в неполном объеме. Экзамен сдан
Ниже порогового	Неудовлетворительно	69 и менее	Контрольные точки не выполнены или не сдан экзамен

4.4. Критерии и шкала оценивания результатов курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Не предусмотрено как средство промежуточного контроля.

5. Задания для внутренней оценки уровня сформированности компетенций.

⁶ Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

⁷ Баллы соответствуют технологической карте, указанной в РП дисциплины

Не предусмотрены как средство внутренней оценки.